

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**



**Departamento de Mecánica de Medios Continuos y  
Teoría de Estructuras**

Proyecto de Fin de Carrera

**DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN DEL  
EDIFICIO ELÉCTRICO DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO**

Autor: Diego Pilas Hernández

Tutora en la Universidad: Shirley Kalamis García Castillo

Tutora en la Empresa: Emma Huete García

Fecha: Enero 2011

**Título:** Diseño del sistema de ventilación y climatización del edificio eléctrico de una central de ciclo combinado

**Autor:** Diego Pilas Hernández

**Directora:** Shirley Kalamis García Castillo

### EL TRIBUNAL

Presidente: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 04 de febrero de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero dar gracias a mi tutora del proyecto, Shirley García Castillo, por la ayuda prestada a la hora de confeccionar esta memoria, así como por la posibilidad que me ha ofrecido de realizar unas prácticas académicas en una empresa, que tan útiles me han resultado.

A mis compañeros en Empresarios Agrupados, en especial a mi tutora del proyecto en la empresa, Emma Huete García, gracias por el excelente trato que me han dado, y por su inestimable ayuda en la realización del proyecto.

Gracias a mis padres y mis hermanos, por el apoyo que han supuesto para mi a lo largo de estos años, especialmente cuando este momento se veía tan lejano.

A Naty, gracias por su infinita paciencia y por el cariño con que me ha tratado desde que nos conocemos.

Por último, gracias a todos mis amigos, por haber estado ahí en los momentos en que había algo que celebrar, pero especialmente por no haber fallado en los momentos no tan buenos.

## RESUMEN

El presente proyecto pretende profundizar en el campo del cálculo de cargas térmicas en edificios y en el diseño de sistemas de calor y frío industrial. Para ello se estructura en tres apartados principales.

En primer lugar se definen de forma teórica los aspectos relacionados con el cálculo de la carga térmica en edificios, a fin de facilitar la comprensión de partes sucesivas del proyecto en que se llevan a cabo dichos cálculos así como el diseño del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de un edificio.

En este apartado se explican las cargas a considerar tanto para sistemas de aire acondicionado como para sistemas de calefacción, que presentan características diferentes.

Una vez desarrollado lo anterior, se realiza un estudio detallado acerca de dos de los programas informáticos más utilizados en este tipo de cálculos, el Hourly Analysis Program (HAP) 4.40 de Carrier, y el TRACE 700, de la compañía TRANE. Tras estudiarlos se comparan sus prestaciones y se elige el más adecuado para su empleo en la siguiente parte del proyecto.

Por último, se lleva a cabo el diseño del sistema HVAC del edificio eléctrico y de control de una central de generación de tipo ciclo combinado, en el cual se utiliza el software más adecuado y los conocimientos expuestos en la primera parte del proyecto.

Finalmente se extraen una serie de conclusiones sobre el diseño de este tipo de sistemas, que tan importantes resultan para el buen funcionamiento de numerosos tipos de edificios.

## **ABSTRACT**

This project tries to explain the main aspects in the field of calculation of thermal loads in buildings, as well as in the design of HVAC systems. For that purpose, it is divided in three main sections.

Firstly, the main items related to the calculation of thermal loads in buildings are explained from a theoretic point of view, trying to make easier the comprehension of the following parts of the project in which those calculations are carried out.

In this section, the loads to consider when designing heating or air conditioning systems are described, as they show different characteristics.

Once developed this, a study of two of the main computer programs used in this kind of calculations is done. The programs are Hourly Analysis Program (HAP) 4.40, from Carrier, and TRACE 700, developed by TRANE. After studying them, their performance is compared and the more suitable for the next part of the project is chosen.

The last section of the project shows the design of the HVAC system for the electrical and control building of a combined cycle power plant, in which the best of the two programs compared before is used, as well as the knowledge exposed in the first section of the project.

Finally, the main conclusions about the design of this kind of systems, that are so important for the correct working of many types of buildings, are shown.

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	1
1.1.	Introducción .....	1
1.2.	Objetivo del proyecto .....	2
1.3.	Fases del desarrollo.....	3
1.4.	Medios empleados .....	5
1.5.	Estructura de la memoria .....	6
2.	ESTUDIO TEÓRICO SOBRE EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS ....	7
2.1.	Condiciones de diseño .....	7
2.2.	Cargas de climatización .....	12
2.3.	Cargas de calefacción.....	24
2.4.	Metodología del cálculo de cargas.....	26
3.	ESTUDIO Y COMPARATIVA DE DOS PROGRAMAS INFORMÁTICOS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS...	
	.....	30
3.1.	Descripción de los programas de cálculo de cargas térmicas en edificios.....	30
3.2.	Estudio del programa Hourly Analysis Program (HAP) 4.40, de Carrier .....	32
3.3.	Estudio del programa TRACE 700 de TRANE .....	46
3.4.	Comparativa de los programas Hourly Analysis Program (HAP) 4.40 de Carrier y TRACE 700 de TRANE .....	58
4.	DISEÑO DEL SISTEMA HVAC DEL EDIFICIO ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO .....	63
4.1.	Ubicación y descripción de la instalación .....	64

4.2.	Descripción del edificio a acondicionar .....	65
4.3.	Condiciones exteriores de diseño .....	69
4.4.	Condiciones interiores de diseño .....	70
4.5.	Cálculo de los sistemas de aire acondicionado .....	72
4.6.	Cálculo de los sistemas de ventilación y calefacción de salas no acondicionadas .....	96
4.7.	Cálculo de los sistemas de extracción de humos en el edificio .....	108
4.8.	Resumen de los elementos integrantes de la instalación .....	110
5.	PRESUPUESTO .....	112
6.	CONCLUSIONES FINALES .....	115
7.	LÍNEAS FUTURAS .....	118
8.	GLOSARIO .....	120
9.	REFERENCIAS .....	121
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	122
ANEXO A .....		a
ANEXO B .....		b
ANEXO C .....		c
ANEXO D .....		d
ANEXO E .....		e
ANEXO F .....		f
ANEXO G .....		g

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Influencia de la inercia térmica en la carga de refrigeración .....	15
<b>Figura 2:</b> Aportaciones de la radiación solar en vidrio simple por hora y orientación.....	19
<b>Figura 3:</b> Alternativas de cálculo ofrecidas por el programa HAP 4.40 de CARRIER .....	33
<b>Figura 4:</b> Esquema del procedimiento seguido por el programa HAP 4.40 .....	34
<b>Figura 5:</b> Introducción de las características meteorológicas de una zona en el software HAP 4.40 de CARRIER .....	35
<b>Figura 6:</b> Evolución de la temperatura seca y la temperatura húmeda para el mes de Julio en la ciudad de Málaga .....	36
<b>Figura 7:</b> Introducción de las diferentes cargas térmicas en cada sala .....	38
<b>Figura 8:</b> Introducción de las condiciones a mantener en cada sala .....	39
<b>Figura 9:</b> Grado de complejidad frente a grado de precisión de los métodos existentes para el cálculo de cargas térmicas .....	40
<b>Figura 10:</b> Carga térmica para un edificio para cada hora, según el TFM y el E20 .....	41
<b>Figura 11:</b> Diagrama de funcionamiento de una unidad de tratamiento de aire de caudal constante .....	42
<b>Figura 12:</b> Introducción de los parámetros de funcionamiento de los sistemas asociados a las diferentes salas.....	43
<b>Figura 13:</b> Potencia de refrigeración de la máquina seleccionada para cada hora .....	44
<b>Figura 14:</b> Esquema del funcionamiento del software TRACE 700 .....	49



<b>Figura 15:</b> Selección de a ubicación del edificio a acondicionar en e programa TRACE 700. ....	50
<b>Figura 16:</b> Pantalla de introducción de datos del edificio en el TRACE 700....	51
<b>Figura 17:</b> Selección del tipo de sistema a emplear en el TRACE 700 .....	53
<b>Figura 18:</b> Asignación de zonas a sistemas en el TRACE 700 .....	54
<b>Figura 19:</b> Asignación de sistemas a los equipos de soporte.....	55
<b>Figura 20:</b> Presentación de resultados del TRACE 700 .....	57
<b>Figura 21:</b> Esquema del equipo seleccionado para las salas de la elevación +0000mm .....	85
<b>Figura 22:</b> Esquema del equipo seleccionado para las salas eléctricas.....	86
<b>Figura 23:</b> Esquema del equipo seleccionado para las salas de la planta de control .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Condiciones interiores de diseño generales, según el RITE, 2007.....	8
<b>Tabla 2:</b> Requisitos de ventilación para locales residenciales, según ASHRAE	9
<b>Tabla 3:</b> Incremento de temperatura equivalente en función de la hora solar, ASHRAE.....	16
<b>Tabla 4:</b> Oscilación media diaria en función de las condiciones de diseño, ASHRAE.....	17
<b>Tabla 5:</b> Factores de corrección de la radiación solar para elementos de sombra .....	20
<b>Tabla 6:</b> Requisitos mínimos de ventilación en aseos y cocinas, según ASHRAE.....	22
<b>Tabla 7:</b> Composición y propiedades de un muro exterior de tipo medio .....	37
<b>Tabla 8:</b> Composición y propiedades de una cubierta exterior oscura .....	37
<b>Tabla 9:</b> Carga térmica y caudal de ventilación para diferentes salas de un edificio .....	41
<b>Tabla 10:</b> Comparativa de las prestaciones del HAP 4.40 y el TRACE 700 ....	61
<b>Tabla 11:</b> Condiciones exteriores de diseño para la ciudad de Riga, Letonia .	69
<b>Tabla 12:</b> Datos geográficos y climáticos de la ciudad de Riga .....	70
<b>Tabla 13:</b> Condiciones interiores de diseño del proyecto .....	71
<b>Tabla 14:</b> Salas de la planta baja del edificio.....	72
<b>Tabla 15:</b> Salas eléctricas del edificio .....	73
<b>Tabla 16:</b> Salas acondicionadas de la planta de control.....	73
<b>Tabla 17:</b> Cargas debidas a equipos en las salas eléctricas del edificio .....	74
<b>Tabla 18:</b> Cargas debidas a equipos en planta de control y resto de salas ....	75
<b>Tabla 19:</b> Criterios de ocupación de salas, según ASHRAE .....	76

<b>Tabla 20:</b> Ocupación de las salas del edificio .....	76
<b>Tabla 21:</b> Criterio de ventilación según ASHRAE .....	77
<b>Tabla 22:</b> Criterio de ventilación específico del cliente .....	77
<b>Tabla 23:</b> Características de las paredes exteriores del edificio .....	80
<b>Tabla 24:</b> Características de las paredes interiores del edificio .....	80
<b>Tabla 25:</b> Características de la cubierta del edificio .....	81
<b>Tabla 26:</b> Características de las ventanas del edificio .....	81
<b>Tabla 27:</b> Características de las puertas del edificio .....	81
<b>Tabla 28:</b> Resumen de características de la envolvente del edificio .....	81
<b>Tabla 29:</b> Resumen de resultados para las salas de la elevación el +0000 ....	82
<b>Tabla 30:</b> Resumen de resultados para las salas eléctricas .....	83
<b>Tabla 31:</b> Resumen de resultados para las salas de la planta de control .....	83
<b>Tabla 32:</b> Resultados de la unidad Split del laboratorio .....	88
<b>Tabla 33:</b> Características de la unidad Split del laboratorio .....	88
<b>Tabla 34:</b> Distribución de caudales de impulsión y ventilación en el laboratorio . .....	89
<b>Tabla 35:</b> Resultados de la unidad Split de la oficina de la planta baja .....	89
<b>Tabla 36:</b> Características de la unidad Split de la oficina de la planta baja ....	89
<b>Tabla 37:</b> Distribución de caudales de impulsión y ventilación en oficina (el +0000) .....	90
<b>Tabla 38:</b> Resultados de la unidad climatizadora de las salas eléctricas .....	90
<b>Tabla 39:</b> Potencia de los calentadores terminales de las salas eléctricas .....	90
<b>Tabla 40:</b> Distribución de los caudales de ventilación de las salas eléctricas	91
<b>Tabla 41:</b> Características de la unidad climatizadora de las salas eléctricas .	91

<b>Tabla 42:</b> Características de los calentadores terminales de las salas eléctricas .....	92
<b>Tabla 43:</b> Resultados de la unidad climatizadora de la planta de control .....	92
<b>Tabla 44:</b> Resultados de las unidades fan-coil de la planta de control .....	93
<b>Tabla 45:</b> Resultados de los caudales de ventilación de la planta de control .	94
<b>Tabla 46:</b> Características de la unidad climatizadora de la planta de control .	94
<b>Tabla 47:</b> Características del sistema de distribución de aire de la planta de control .....	95
<b>Tabla 48:</b> Condiciones interiores de diseño para las salas no acondicionadas	99
<b>Tabla 49:</b> Cargas térmicas en el interior de las salas ventiladas .....	99
<b>Tabla 50:</b> Caudal de ventilación en los aseos del edificio.....	103
<b>Tabla 51:</b> Dimensiones de la escalera este y los halls .....	104
<b>Tabla 52:</b> Dimensiones de la escalera sur .....	106
<b>Tabla 53:</b> Equipos generadores de energía térmica de la instalación .....	110
<b>Tabla 54:</b> Sistemas de renovación de aire de la instalación .....	111
<b>Tabla 55:</b> Equipos de soporte de la instalación .....	111

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este primer apartado se explican los principales motivos por los que se desarrolla el presente proyecto, los objetivos que se pretenden conseguir con ello, así como los medios empleados y las fases que se han implementado para conseguirlo.

Se presenta también una breve descripción sobre la estructura de esta memoria, que pretende facilitar su lectura.

### 1.1. Introducción

El presente proyecto trata de explicar como llevar a cabo adecuadamente el diseño de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (*Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC*) en edificios destinados a diversas aplicaciones.

El problema más importante a resolver para ello es realizar un cálculo ajustado de la carga térmica en el edificio en cuestión, que consiste en tratar de aproximar lo más posible a la realidad cada una de las ganancias y pérdidas de calor que ocurren en el edificio.

Este problema resulta de gran importancia en prácticamente la totalidad de los edificios, puesto que sea cual sea su aplicación, suele existir algún parámetro del ambiente de dicho edificio que se debe mantener controlado.

Estos parámetros pueden ser diversos, por ejemplo la temperatura, en caso de que el edificio esté ocupado y deban garantizarse unos requisitos de habitabilidad y salubridad para sus ocupantes, o para el correcto funcionamiento de equipos industriales. Se puede querer controlar también la humedad del ambiente, dado que existen aplicaciones en las que las condiciones de humedad deben ser prácticamente invariables. Por estos motivos el problema del diseño de sistemas HVAC resulta de gran importancia.

## **1.2. Objetivo del proyecto**

El principal objetivo de este proyecto es el de diseñar de forma adecuada el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (*HVAC*) de un edificio. Concretamente se elige el edificio eléctrico y de administración y control de una central de generación de tipo ciclo combinado, que se engloba dentro de un proyecto de construcción de la central completa.

Para conseguir dicho objetivo, se pretende avanzar cumpliendo dos objetivos secundarios básicos:

### *1.2.1. Comprensión teórica del problema del cálculo de cargas*

Desarrollando conocimientos teóricos se consigue comprender donde radica la dificultad de realizar de manera precisa la estimación de la carga térmica existente en los edificios, cuales son los aspectos más importantes que contribuyen a dicha carga, así como las diferencias a considerar cuando se diseñan sistemas de calefacción o de aire acondicionado.

### *1.2.2. Aprender a utilizar programas informáticos de cálculo de cargas y diseño de sistemas HVAC*

Se intenta también familiarizarse con las herramientas informáticas más comúnmente empleadas en el diseño de este tipo de sistemas. Dichas herramientas resultan imprescindibles en la actualidad dado el elevado nivel de precisión que han alcanzado en la simulación de las condiciones climatológicas, así como por la forma en que facilitan la selección del sistema más adecuado a cada edificio.

Mediante los subobjetivos anteriores, se puede finalmente cumplir el objetivo principal de diseñar del sistema de ventilación y climatización de un edificio completo.

### **1.3. Fases del desarrollo**

Para llevar a cabo este proyecto, ha sido necesario implementar una serie de fases, que se describen a continuación.

#### *1.3.1. Fase de documentación teórica*

En primer lugar ha sido necesario recopilar documentación diversa acerca de los aspectos que se necesitan conocer para poder alcanzar los objetivos del proyecto.

Esta información por una parte es puramente teórica, y da explicación al problema del cálculo de cargas, así como muestra el funcionamiento de los principales sistemas utilizados para satisfacer las necesidades de acondicionamiento de aire de los edificios.

Asimismo existe otra parte de la documentación que se requiere utilizar que corresponde a la normativa aplicable al tipo de proyectos como el que se va a desarrollar. Esta es normativa nacional, internacional, o una serie de pautas que ofrecen organizaciones competentes con el fin de facilitar el diseño de sistemas HVAC en edificios.

#### *1.3.2. Fase de estudio de las herramientas informáticas disponibles*

En esta fase se estudian los programas informáticos que más se emplean como ayuda para el diseño de sistemas de calefacción y aire acondicionado, y se comparan las características de los mismos para seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades que se tienen para alcanzar el objetivo principal del proyecto.

### *1.3.3. Fase de definición del problema concreto a resolver*

En esta fase del proyecto se estudian y definen claramente cuales son las características del problema que se pretende resolver. En primer lugar y de acuerdo a las especificaciones del cliente que solicita el diseño y construcción de la central de generación se definen las características del edificio eléctrico, para el que se diseña el sistema HVAC, referentes tanto a su disposición geométrica como a las cualidades de su envolvente y el tipo de actividad que se desarrolla en cada una de sus salas.

Posteriormente se fijan las condiciones a mantener en el interior de dichas salas, atendiendo no solo al criterio del cliente, sino a la normativa y recomendaciones de las principales asociaciones de ingeniería que estudian este tipo de problemas.

### *1.3.4. Fase de resolución del problema y selección del sistema HVAC*

Por último, tras haber planteado el problema de la forma más aproximada a la realidad posible, con ayuda de los conocimientos teóricos aprendidos y del programa informático seleccionado se resuelve dicho problema, definiendo los requerimientos de potencia de refrigeración o calefacción del edificio, así como el nivel de ventilación que se debe mantener en las diferentes salas.

Conocidos dichos requisitos, se seleccionan y dimensionan los equipos más adecuados para cada una de las salas, cumpliéndose finalmente el objetivo principal del proyecto.



#### **1.4. Medios empleados**

Para el desarrollo de la presente memoria, se han utilizado principalmente medios informáticos, de los que se ha dispuesto durante la realización de unas prácticas académicas en Empresarios Agrupados A.I.E.

Como ayuda indispensable para llevar a cabo el cálculo de la carga térmica en el edificio, así como para la selección de los equipos más adecuados, se han empleado dos de los programas más potentes para este tipo de tareas, el Hourly Analysis Program (HAP) 4.40, de la marca Carrier, y otro software similar, el TRACE 700, de TRANE.

Para confeccionar los planos que se adjuntan en los anexos del proyecto, se ha utilizado el programa de diseño asistido por ordenador AutoCAD, en su versión del año 2005.

Tras escoger la solución a emplear para el sistema de ventilación y climatización del edificio, se han consultado también los catálogos de productos de los principales fabricantes de equipos para la selección de los mismos.

Por último, se han empleado también las herramientas más comunes de Microsoft Office, principalmente Microsoft Word y Microsoft Excel.

### **1.5. Estructura de la memoria**

El proyecto está estructurado en tres bloques principales, para hacer más cómoda la lectura del mismo, se describen brevemente a continuación cada una de las partes.

En el capítulo 2 se presenta un estudio teórico sobre el cálculo de cargas térmicas en edificios, atendiendo a los aspectos de mayor importancia a tener en cuenta en este tipo de cálculos. Estos aspectos comprenden principalmente las condiciones exteriores para las que se realiza el proyecto y las condiciones interiores de diseño que se desea mantener en el edificio.

En el bloque posterior, el capítulo 3, se realiza un estudio de los programas informáticos para cálculo de cargas térmicas seleccionados, el Hourly Analysis Program 4.40 y el TRACE 700. Una vez estudiados, se comparan las características y prestaciones de los mismos, eligiendo finalmente el más adecuado.

Por último, se lleva a cabo el diseño completo del sistema de ventilación y climatización del edificio eléctrico y de administración y control de una central de generación de tipo ciclo combinado. En este bloque se realiza primero el cálculo de la carga térmica del edificio, para seleccionar finalmente los sistemas y equipos que mejor satisfacen los requisitos del mismo.

## **2. ESTUDIO TEÓRICO SOBRE EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS**

El cálculo de cargas es el primer paso a llevar a cabo para realizar el diseño de una instalación térmica.

Éste pretende determinar de la manera más precisa posible la potencia térmica (o frigorífica) necesaria para cubrir la demanda de la instalación. Para ello es necesario efectuar un balance de pérdidas y ganancias de calor, tanto sensibles, que son aquellas que únicamente afectan a la temperatura, como latentes, que son las que modifican la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente.

A continuación se exponen los factores más relevantes a tener en cuenta a la hora de realizar el cálculo de la carga térmica en instalaciones de calefacción y climatización.

### **2.1. Condiciones de diseño**

En primer lugar es necesario conocer las condiciones que debe satisfacer el sistema que se trata de diseñar.

La carga térmica está condicionada por el propósito de la instalación, su localización y las características de los cerramientos del ambiente que se pretende controlar.

Estas condiciones térmicas se especifican como condiciones interiores y exteriores de diseño, y vienen definidas en los reglamentos que apliquen a cada instalación, como pueda ser el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), que aplica en España a los edificios destinados a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria.

Otra importante fuente de información es la proporcionada por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning

Engineers), que contiene datos meteorológicos de diferentes lugares del mundo y una serie de pautas para el cálculo de cargas térmicas.

### 2.1.1. Condicionantes del ambiente térmico interior

El ambiente térmico se define como “aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afectan a la sensación de bienestar” [Ref 1].

Las variables que deben mantenerse controladas en una instalación son por lo tanto:

- Temperatura seca
- Humedad relativa
- Calidad del aire interior, mediante una adecuada renovación de aire
- Nivel de ruido
- Velocidad del aire.

Las condiciones interiores de diseño se fijan en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta, y también pueden fijarse con el fin de garantizar el buen funcionamiento de equipos existentes en el interior de las salas a acondicionar.

A continuación se muestra una tabla con los límites entre los que suelen estar comprendidos algunos de los valores fijados como condiciones interiores de diseño.

Estación	Temperatura (°C)	Velocidad media del aire (m/s)	Humedad relativa (%)
Verano	23 – 26	0,18 – 0,24	40 – 60
Invierno	21 – 23	0,15 – 0,2	40 – 50

Tabla 1: Condiciones interiores de diseño generales, según el RITE, 2007

Las condiciones anteriores son las establecidas por el RITE en el año 2007 [Ref 1], pero éstas pueden variar dependiendo del uso específico de cada local.

Los criterios de ventilación se fijan asimismo en función de la aplicación a la que esté destinada la sala en cuestión, y vienen expresados en las normas correspondientes.

En la siguiente tabla se observan los requisitos globales de ventilación especificados por la ASHRAE [Ref 2], en función de la superficie del local y de su ocupación, para locales residenciales.

<b>Caudal de ventilación recomendado (L/s)</b>	
<b>En función del área</b>	<b>Según la ocupación</b>
0,05 (L/s) x m <sup>2</sup> de superficie	3,5 L/s por persona

*Tabla 2: Requisitos de ventilación para locales residenciales, según ASHRAE*

Por su parte, los niveles de ruido vienen regulados igualmente en las normativas aplicables a cada caso.

### *2.1.2. El ambiente exterior*

El ambiente exterior de una determinada localidad se define de igual manera por una serie de variables:

- Temperatura de bulbo seco
- Temperatura de bulbo húmedo
- Temperatura del suelo
- Radiación solar
- Velocidad y dirección del viento

Dichas magnitudes no permanecen constantes ni a lo largo del día ni del año, por lo que generalmente se recurre a la asignación de valores típicos según el mes considerado y la ubicación.

Como se verá más adelante, existen programas para el cálculo de cargas que realizan simulaciones de las condiciones para cada hora y cada mes y emplean los resultados de éstas para calcular la carga térmica real.

Las variables anteriores pueden tener mayor o menor importancia en el cálculo, la forma en que se consideran se define a continuación:

- *Temperatura seca (Temperatura de bulbo seco)*

En condiciones de verano se corresponde a la temperatura sobrepasada un tanto por cien (nivel percentil) de las horas del día durante el periodo estival. Diferentes niveles percentiles se aplican en función de la instalación.

La evolución de esta temperatura a lo largo del día se facilita en las normas en forma de tabla de corrección, en función de la hora considerada y de la oscilación media diaria de la temperatura, y ofrece datos importantes a la hora de determinar las condiciones de temperatura que serán fijadas para el proyecto.

En cambio, en condiciones de invierno, para el diseño de instalaciones de calefacción, sólo se considera la temperatura mínima de proyecto (condición de máxima carga), aplicando diferentes niveles percentiles dependiendo de la instalación.

- *Temperatura húmeda (temperatura de bulbo húmedo)*

Para condiciones de verano se proporciona su valor de igual manera que para el dato anterior, en las normas aplicables.

En invierno tiene menor importancia que para el cálculo de la carga térmica de verano, puesto que en verano si es relevante desde el punto de vista de la construcción, a la hora de evitar por ejemplo condensaciones indeseadas.

- *Radiación solar*

En invierno se considera nula, ya que las condiciones de carga máxima se dan durante la noche o bien en días nublados.

En verano sin embargo si que resulta un dato relevante. Los valores de la radiación a una determinada hora, en una orientación y en un lugar concretos se pueden encontrar en forma de gráficas en la bibliografía especializada.

- *Temperatura del suelo*

A través del suelo se pierde calor durante todo el año, puesto que se mantiene a una temperatura inferior a los 20°C.

En instalaciones de aire acondicionado no se tiene en cuenta esta carga negativa, en calefacción si existe un efecto apreciable de la transferencia de calor con a través del suelo en contacto con el terreno.

- *Velocidad y dirección del viento*

No tiene tanta importancia como las anteriores, además la gran variabilidad de la velocidad del viento y su dirección hace que no se suela considerar en los cálculos, teniendo en cuenta aplicar unos coeficientes de seguridad posteriormente.

Las cargas térmicas se clasifican de forma diferente para instalaciones de refrigeración y para instalaciones de calefacción. Por ello se definen a continuación separadamente los aspectos a tener en cuenta para cada una de ellas.

## **2.2. Cargas de climatización**

Se suelen dividir en cargas interiores y exteriores, dependiendo de su procedencia.

- Cargas exteriores
  - Cargas a través de paredes, suelos y techos (cargas por transmisión)
  - Cargas a través de superficies acristaladas
  - Carga debida a ventilación
  - Carga por infiltraciones
- Cargas interiores
  - Cargas por ocupantes
  - Cargas por iluminación
  - Cargas por maquinaria y equipos
  - Cargas de la instalación

Hay que realizar una distinción entre lo que corresponde a una ganancia instantánea de calor de lo que constituye una carga de refrigeración, que es lo que realmente interesa calcular, que no son iguales en cada instante por efectos de la radiación y el almacenamiento de calor (inercia térmica). A continuación se detalla el método de cálculo de los componentes de carga citados.

### ***2.2.1. Cargas exteriores***

#### **2.2.1.1. Carga a través de paredes, suelos y techos (carga por transmisión)**

Esta carga se evalúa a partir de la siguiente expresión:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_e \quad [Ec.1]$$



Siendo

$Q$  la carga por transmisión (W)

$A$  la superficie del cerramiento ( $m^2$ )

$U$  el coeficiente global de transmisión de calor ( $W/m^2K$ )

$\Delta T_e$  Incremento de temperatura equivalente

- Coeficiente global de transmisión de calor,  $U$

Este valor depende de la composición de los cerramientos del edificio. Para paredes y techos multicapas, el coeficiente de transmisión de calor se evalúa como:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{\text{capas}} \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\sum_{\text{capas}} R_{t_i}} \quad [Ec\ 2]$$

Donde:

$L_i$  es el espesor de la capa de material (m)

$\lambda_i$  la conductividad térmica de la capa ( $W/m^\circ C$ )

$h_i$  el coeficiente de convección interior ( $W/m^2^\circ C$ )

$h_e$  el coeficiente de convección exterior ( $W/m^2^\circ C$ )

$R_{t_i}$  la resistencia térmica de cada capa ( $m^2^\circ C/W$ )

Los valores de coeficientes de convección, conductividades térmicas y otras propiedades de los materiales más comúnmente utilizados en la construcción pueden encontrarse en los códigos técnicos de la edificación que apliquen al edificio, así como los valores máximos admisibles, que pueden venir definidos por esta normativa o por condiciones específicas de cada proyecto.

### - Incremento de temperatura equivalente

De acuerdo a la expresión anterior, se supone que el flujo de calor en el local se encuentra en régimen permanente, sin embargo, en la realidad esto no ocurre por dos razones principales.

- La variación de la temperatura seca exterior a lo largo del día
- El efecto de la incidencia de la radiación solar sobre la pared del edificio

Estos aspectos hacen que las condiciones del proyecto no sean estacionarias, siendo necesario estudiar su variabilidad para realizar un cálculo preciso. Su influencia se nota principalmente en el comportamiento de la envolvente del edificio, a través de un fenómeno definido como inercia térmica.

### - Almacenamiento de calor o inercia térmica

El valor de la ganancia instantánea de calor que se obtiene si se efectúa un balance de energía en el cerramiento, representa la cantidad de calor entrante por la superficie exterior, sin embargo lo que se desea calcular es la carga de refrigeración, (cantidad de calor saliente por la superficie interior).

Para establecer una relación entre ambas magnitudes es necesario estudiar la transferencia de calor en el interior del muro, generalmente compuesto de varias capas de materiales diferentes, ante cualquier evolución de la temperatura seca exterior o de la temperatura seca del local. Este problema es complejo y ha sido resuelto, requiriendo el uso de un ordenador.

La siguiente figura muestra el efecto en la carga de refrigeración de la inercia térmica almacenada.

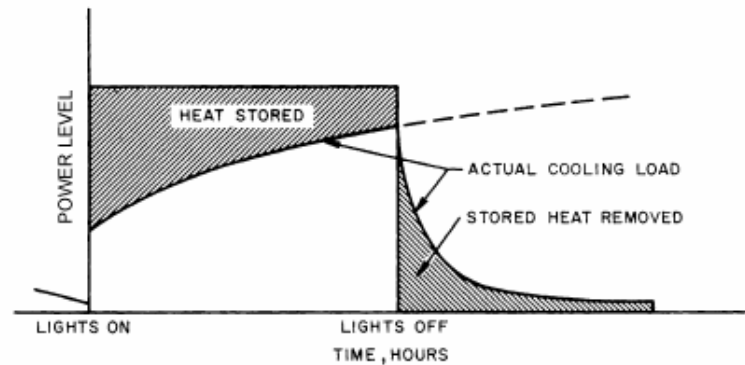


Figura 1: Influencia de la inercia térmica en la carga de refrigeración, [Ref 2]

En ella se observa como la carga de refrigeración no coincide con la potencia instantánea, por ejemplo durante el periodo en el que las luces están encendidas, y muestra también como una vez apagadas, se sigue disipando el calor almacenado durante el primer periodo.

Debido al fenómeno de inercia térmica, la carga instantánea no coincide con la carga de refrigeración, puesto que el comportamiento de los cerramientos no es instantáneo y varía el valor de esta última.

El método más empleado para estudiar este comportamiento de los cerramientos es el denominado Transfer Function Method (TFM), que también se emplea para el cálculo de cargas térmicas.

Una vez resuelto el problema anterior, y siendo capaces de considerar los efectos de la radiación y la variación de temperatura, se puede obtener la llamada temperatura equivalente,  $T_{eq}$ , que considera ambos y mediante la cual se puede calcular el incremento de temperatura equivalente como:

$$\Delta T_{eq} = T_{eq} - T_{sL} \quad [Ec\ 3]$$

Donde  $T_{sL}$  equivale a la temperatura seca en el interior del local considerado.

En caso de no disponer de medios para estudiar el comportamiento de los cerramientos del edificio, se puede emplear el siguiente método:

- Método simplificado del cálculo de la temperatura equivalente

Varios organismos han realizado estudios de diferentes tipos de muros y de techos, que se caracterizan por ser ligeros, medios o pesados y por su conductividad térmica. Así, en función de unas condiciones de temperatura seca ambiente y de radiación solar determinadas, han elaborado tablas de valores del incremento de temperatura equivalente,  $\Delta T_e$ , que se pueden emplear para el cálculo de la carga de forma manual.

Como ejemplo, se muestran en la tabla 3 los valores de estas diferencias equivalentes de temperatura para un muro de composición tipo medio. Las condiciones en las que se elaboró la tabla corresponden al mes de julio, 40° latitud norte; temperatura exterior de diseño  $T_{ext}=35^{\circ}\text{C}$ , temperatura interior  $T_{sL}=27^{\circ}\text{C}$ , oscilación media diaria  $OMD=11^{\circ}\text{C}$ .

$\Delta T_{e\text{tabla}}$	Orientación				
Hora solar	Este	Oeste	Sur	Norte	Techo
6	2.8	3.9	2.2	0.5	5
7	2.8	3.9	2.2	0.5	4
8	3.3	3.3	1.1	0	3.3
9	4.4	3.3	1.1	0	3.9
10	7.8	3.3	1.1	0	4.4
11	11.1	3.3	1.7	0	6.1
12	13.3	3.3	2.2	0	8.9
13	13.9	3.9	4.4	0.5	12.2
14	13.3	4.4	6.7	1.1	15
15	11.1	5.5	8.3	1.7	17.2
16	10	6.7	8.9	2.2	19.4
17	8.9	9.4	10	2.8	21.2
18	7.8	11.1	10	2.8	21.7
19	7.8	13.9	8.3	2.8	21.1

Tabla 3: Incremento de temperatura equivalente en función de la hora solar, ASHRAE

Asimismo, y dado que las tablas anteriormente citadas se elaboraron para unas condiciones ambientales determinadas, para poder ampliarlas a otras condiciones se han creado unas tablas con coeficientes de corrección,

que tienen en cuenta otras posibles temperaturas de diseño, y diferentes variaciones diarias de la temperatura.

Para dichas condiciones diferentes deben aplicarse los siguientes factores de corrección:

Coef. = a	Oscilación media diaria en 24 h (OMD)				
Text - TsL	8	10	12	14	16
0	-6.6	-7.6	-8.5	-9.4	-10.3
4	-2.7	-3.6	-4.6	-5.5	-6.4
8	1.2	0.3	-0.7	-1.6	-2.5
10	3.1	2.2	1.2	0.3	-0.6

Tabla 4: Oscilación media diaria en función de las condiciones de diseño, ASHRAE

El valor ajustado del incremento de temperatura equivalente será por tanto:

$$\Delta T_{eq} = \Delta T_{eq_{tabla}} + a \quad [Ec 4]$$

Lo explicado anteriormente corresponde al análisis de carga por transmisión a través de cerramientos en contacto con el ambiente exterior.

En el caso de que el cerramiento esté en contacto con otro local, el cálculo del incremento de temperatura equivalente se simplifica, pudiendo distinguir dos casos.

- Si está en contacto con otro local acondicionado, la diferencia de temperaturas vendrá dada como:

$$\Delta T_{eq} = T_{localcontiguo} - T_{sL} \quad [Ec 5]$$

- Si está en contacto con un local no acondicionado, se suele aproximar la diferencia de temperaturas por:

$$\Delta T_{eq} = T_{media} - T_{sL} \quad [Ec 6]$$

Donde la temperatura media corresponde a:

$$T_{media} = (T_{se} - T_{sL}) / 2 \quad [Ec 7]$$

#### 2.2.1.2. Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Dentro de la transmisión a través de estas superficies, conviene hacer la siguiente distinción.

##### - Transmisión de calor por conducción y convección

Por ser los vidrios materiales con poca inercia térmica, el flujo de calor por conducción-convección se calcula como:

$$q = UA(T_{se} - T_{sL}) \quad [Ec 8]$$

Donde:

$U$  es el coeficiente global de transmisión de calor ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A$  la superficie acristalada ( $m^2$ )

$T_{se}$  la temperatura seca exterior del proyecto ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{sL}$  la temperatura seca del local ( $^{\circ}\text{C}$ )

##### - Transmisión de calor por radiación solar

Una vez se conoce la radiación solar incidente sobre una superficie transparente,  $I_T$  ( $W/m^2$ ), para analizar el calor transferido en forma instantánea a la carga de refrigeración es necesario conocer:

- El porcentaje de la energía transferida a través del cristal
- La superficie sobre la que incide el sol directamente y la superficie que permanece a la sombra

- El comportamiento ante la existencia de elementos como cortinas o persianas
- El porcentaje de energía transmitida que se convierte en carga, y la que es almacenada por suelos y paredes

En este caso también existen tablas elaboradas por organismos como la ASHRAE, que proporcionan valores de la aportación a través del vidrio, en función de la latitud en la que se encuentre el local a acondicionar y la hora del día.

A continuación se muestra una gráfica en la que se pueden observar los valores de la aportación a través de vidrio simple, para latitud  $40^\circ$  Norte, en el mes de julio, y en función de la orientación de la superficie acristalada.

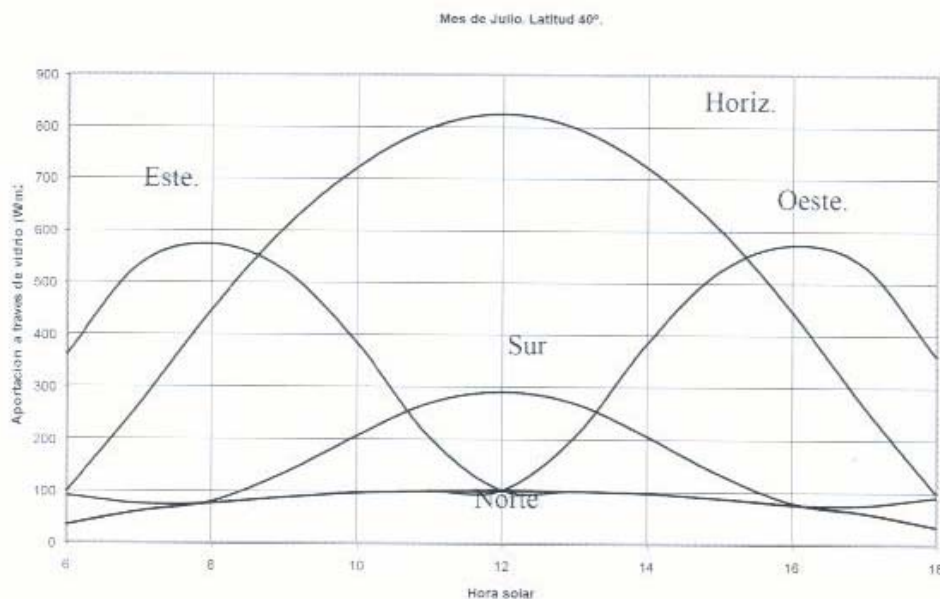


Figura 2: Aportaciones de la radiación solar en vidrio simple por hora y orientación

Estos valores deben ser corregidos de nuevo si se trata de un tipo de vidrio diferente al utilizado para obtener las gráficas, o por efecto de materiales adicionales como persianas exteriores o interiores, cortinas, etc.

Para tener en cuenta los efectos anteriores, se aplican una serie de coeficientes sobre los valores estándar representados en las figuras arriba

mostradas. Algunos valores orientativos para el coeficiente de corrección aplicado para estos accesorios son los especificados en el RITE, [Ref 1]:

<b>Vidrio doble</b>	0,9
<b>Elementos de sombra exteriores (persianas exteriores)</b>	0,9
<b>Elementos de sombra interiores (cortinas)</b>	0,6

*Tabla 5: Factores de corrección de la radiación solar para elementos de sombra*

A la hora de realizar un cálculo muy riguroso debería evaluarse también la evolución de las sombras proyectadas por otros edificios o por las propias ventanas.

Asimismo, sería necesario tener en cuenta el efecto de absorción de parte de la radiación transmitida a través del vidrio por los suelos, paredes, y demás elementos existentes en la sala, que elevarán su temperatura y devolverán por convección más adelante parte de la energía almacenada al aire, en un proceso no instantáneo (inercia térmica).

#### 2.2.1.3. Carga debida a ventilación

En instalaciones de aire acondicionado, es necesario que exista una renovación adecuada de aire, a fin de mantener una buena calidad del aire interior, (cantidad de oxígeno adecuada, ausencia de malos olores, etc).

El aire exterior introducido se compensará con el mismo caudal de aire extraído, o exfiltrado por ventanas y puertas, con el fin de mantener la misma cantidad de aire seco en el interior del local.

La cantidad de calor sensible y de calor latente aportado como carga en forma instantánea debida a esta ventilación se evalúa como:

Carga sensible:

$$Q_{sen} = \dot{V}_{vent} \rho \cdot c_p \cdot (T_{se} - T_{sL}) \quad [Ec 9]$$



Siendo

$Q_{sen}$  la carga sensible (W)

$V_{vent}$  el caudal de ventilación ( $m^3/s$ )

$\rho$  la densidad del aire de ventilación ( $kg/m^3$ )

$C_p$  el calor específico del aire ( $J/kg^\circ C$ )

$T_{se}$  la temperatura seca exterior ( $^\circ C$ )

$T_{sL}$  la temperatura seca del local ( $^\circ C$ )

Carga latente:

$$Q_{lat} = \dot{V}_{vent} \rho \cdot h_{fg} \cdot (W_e - W_L) \quad [Ec 10]$$

Con

$Q_{lat}$  como la carga latente (W)

$h_{fg}$  es el calor latente de cambio de fase del agua ( $J/kg$ )

$W_e$  la relación de humedad del aire exterior ( $kg/kg$ )

$W_L$  la relación de humedad del aire del local ( $kg/kg$ )

$\rho$  la densidad del aire de ventilación ( $kg/m^3$ )

$V_{vent}$  el caudal de ventilación ( $m^3/s$ )

Como se dijo, las cantidades de aire de ventilación necesarias para mantener la calidad del aire interior, según las aplicaciones a las que estén destinados los diferentes locales, están determinadas por los organismos competentes para ello.

Como ejemplo, se muestra a continuación una tabla con los caudales de ventilación mínimos recomendados por la ASHRAE [Ref 3], para cocinas o para instalaciones como vestuarios, aseos o cuartos de baño.

Aplicación	Caudal de aire de ventilación (L/s)	Renovaciones por hora (RPH) (ACH)
<b>Flujo de extracción de aire continuo</b>		
Cocina	--	5 RPH
Vestuarios, baños, aseos	10 L/s	> 2 RPH
<b>Flujo de extracción de aire intermitente</b>		
Cocina	50 L/s	> 5 RPH
Vestuarios, baños, aseos	25 L/s	> 2 RPH

*Tabla 6: Requisitos mínimos de ventilación en aseos y cocinas, según ASHRAE*

#### 2.2.1.4. Carga debida a infiltraciones

La carga debida a infiltraciones es la carga más difícil de evaluar, dada la subjetividad de dicha evaluación.

Se trata de una carga instantánea, como la carga de ventilación, que proporciona un aporte de calor tanto sensible como latente al interior del local. Se evalúa de forma similar a la carga de ventilación, sustituyendo el caudal de ventilación por el caudal de aire infiltrado.

La dificultad de su evaluación radica en la estimación de dicho caudal de infiltraciones. Este aire de infiltraciones se introduce en la instalación debido principalmente a diferencia de presiones, al efecto del viento y por diferencia de densidades del aire (efecto chimenea). Se evalúa normalmente considerando una calidad de construcción de la envolvente determinada o por requerimientos del cliente.

#### 2.2.2. *Cargas internas*

##### 2.2.2.1. Cargas debidas a ocupantes

Los ocupantes aportan carga sensible y latente en función de la actividad que estén desarrollando. Los valores aproximados de la carga disipada por una persona en reposo se suelen tomar como [Ref 1]:

$$Q_{sen} = 60kcal / h = 70W$$

$$Q_{lat} = 50kcal / h = 60kW$$

Se tiene en cuenta también un factor de simultaneidad de las personas que hay en el local, cuyo valor está en torno a 0,75. La carga total aportada por los ocupantes queda como:

$$Q = Q_{pers} \cdot n^{\circ} \text{ pers} \cdot 0,75 \quad [Ec \ 11]$$

#### 2.2.2.2. Cargas debidas a iluminación

La carga térmica debida a las luces es carga sensible, disipada por convección y radiación, en función del tipo de iluminación. De modo orientativo en aplicaciones para oficina se puede tomar un valor aproximado de 20 W/m<sup>2</sup>, pudiendo reducirse hasta valores en torno a 10 W/m<sup>2</sup> con bombillas de bajo consumo.

#### 2.2.2.3. Cargas debidas a equipos/maquinaria

En este apartado debe evaluarse la carga disipada por los diferentes equipos presentes en cada sala, y por tanto dependerá de cada aplicación.

Además de las cargas definidas hasta ahora, es necesario considerar los siguientes aspectos.

#### 2.2.3. *Ganancias debidas a la instalación*

En este apartado se tienen en cuenta aspectos como la energía desprendida por los ventiladores de los equipos, la cual se transforma en carga sensible. Se suele considerar en torno a un 6% de la suma de todas las cargas sensibles.

#### 2.2.4. *Otras consideraciones*

Generalmente se utiliza un coeficiente de seguridad para tener en consideración las cargas no contabilizadas, o que se han estimado de forma aproximada. Suele utilizarse un coeficiente del 10%.

### **2.3. Cargas de calefacción**

La estimación de la potencia térmica máxima de calefacción es más directa. Se calcula para la situación más desfavorable, es decir, temperatura mínima, radiación solar nula, mínima presencia de personas, luces y equipos.

En el caso de calefacción es necesario tener en consideración que las cargas son pérdidas de calor, al mantenerse una temperatura ambiente superior a la existente en el exterior, salvo para el caso de cargas internas.

De igual modo las cargas de calefacción pueden clasificarse en diferentes grupos, los cuales se detallan a continuación.

#### *2.3.1. Cargas Exteriores*

##### *2.3.1.1. Cargas a través de paredes, techos y suelos (carga por transmisión)*

Se evalúa como:

$$Q_{sen} = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T - T_{sL}) \quad [Ec\ 12]$$

Siendo

$Q_{sen}$  la carga térmica (W)

$A$  la superficie del cerramiento ( $m^2$ )

$U$  el coeficiente global de transferencia de calor ( $W/m^2\text{°C}$ )

$\Delta T$  la diferencia de temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T$  la temperatura seca del recinto adyacente

$T_{sL}$  la temperatura seca del local considerado

Sobre el coeficiente global de transferencia de calor aplica lo comentado para cargas de climatización.

La temperatura seca del recinto adyacente se tomará en función de las características del mismo.

- *Terreno*: su temperatura depende de la zona, de la profundidad y de la época del año.
- *Local acondicionado*: se toma una temperatura igual a la de dicho recinto.
- *Local no acondicionado*:  $T = T_{\text{media}}$  (mismo caso que para verano)
- *Ambiente exterior*:  $T = T_{\text{seca}}$  de diseño

#### 2.3.1.2. Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

En el caso de invierno como se ha dicho, no se considera la carga de radiación, con lo que se tienen en cuenta únicamente las aportaciones debidas a la conducción y a la convección, quedando la carga a través de superficies acristaladas como:

$$Q = U \cdot A \cdot (T - T_{sL}) \quad [Ec 13]$$

Siendo los factores los mismos que para cargas por transmisión.

#### 2.3.1.1. Cargas de ventilación e infiltraciones

Aplica lo comentado para cargas de climatización.

#### 2.3.2. *Cargas internas*

Estas cargas en el caso de calefacción son cargas aportadas, con lo que deberían llevar signo negativo en el balance de energía total. No obstante no se consideran para el cálculo de la carga de calefacción, como se ha dicho.

#### **2.3.2.1. Cargas debidas a ocupantes**

Sólo se contabilizan a efectos del cálculo las personas que obligatoriamente deben permanecer en el espacio calefactado. Los valores de disipación térmica se toman iguales a los citados para verano.

#### **2.3.2.2. Resto de cargas internas y coeficientes considerados**

Para las cargas debidas a la iluminación y a la maquinaria y equipos existentes en el local, aplica lo mismo que se ha comentado para los ocupantes.

En cuanto a las ganancias debidas a la instalación y a los coeficientes de seguridad que se suelen considerar para aplicarlos a la estimación de cargas, de nuevo es aplicable lo ya comentado para cargas de climatización.

Una vez considerados los aspectos más relevantes a la hora de calcular la carga térmica en un edificio, es de gran importancia también el método que se va a emplear para ello.

A continuación se explican brevemente algunos de los métodos que se pueden utilizar para realizar el cálculo de cargas.

### **2.4. Metodología del cálculo de cargas**

Para dimensionar los equipos de la instalación es necesario hacer la estimación de la carga máxima. Puesto que no se conoce a priori el momento en el que se dará esta carga máxima, habría que realizar un cálculo hora a hora y para cada mes del año.

No obstante, la mayoría de las instalaciones en el hemisferio norte tienen su momento de máxima carga de climatización alrededor de las 15:00 horas del mes de julio, y sobre las 7:00 horas del mes de enero para

calefacción. En todo caso, se buscará la carga máxima simultánea del edificio, suma de las distintas cargas térmicas en cada instante.

Se reconoce internacionalmente la vigencia de los siguientes métodos de cálculo de cargas térmicas normalizados para seleccionar la capacidad de los equipos de aire acondicionado, [Ref 4] según la ASHRAE.

#### *2.4.1. Método del balance energético*

Es el método más riguroso para el cálculo de cargas térmicas de edificios. Evalúa cada conducción, convección, radiación y almacenamiento de calor de los procesos térmicos que ocurren en los edificios, usando las leyes fundamentales de la Termodinámica y de la Transferencia de Calor.

Para una unidad másica:

$$\text{Ratio calor entrante} - \text{Ratio calor saliente} = \text{Ratio energía almacenada} \quad [\text{Ec } 14]$$

Todo esto se traduce en ecuaciones diferenciales de transferencias de calor o en sus homólogas ecuaciones lineales.

La complejidad de considerar todos los procesos térmicos que se dan hace necesaria la existencia de procesos más aproximados.

#### *2.4.2. Método de las funciones de transferencia (TFM)*

Está basado en una idea conocida como principio del factor de respuesta, según el cual, para una habitación determinada los patrones de respuesta térmica para un específico tipo de ganancia de calor siempre serán los mismos. El patrón de conversión de ganancia de calor a carga, será el mismo.

Se caracteriza por su exactitud y flexibilidad. Utiliza los algoritmos matemáticos del método del balance energético simplificándolos y calcula las

cargas térmicas resultantes de las aportaciones, ajustándose a las condiciones específicas de cada instalación.

Utiliza tres principios que permiten simplificar el método del balance energético.

*- Principio de Superposición*

La carga total es igual a la suma de las cargas calculadas por separado para cada ganancia de calor. Esto permite fraccionar el problema de transferencia de calor en unidades separadas diferentes para cada ganancia (p. Ej. muros, luces).

*- Principio de Linealidad*

La magnitud de la respuesta térmica a una ganancia de calor, varía linealmente con el tamaño de la ganancia permitiendo que los efectos de las ganancias de calor para cada hora sean considerados separadamente.

*- Principio de Invariabilidad*

Dos ganancias de calor de igual tamaño que ocurren a diferentes horas, producirán respuestas térmicas similares. Con esto se reduce el número de cálculos necesarios. Los patrones de respuesta térmica debidos a cada hora pueden ser determinados usando simples ecuaciones algebraicas y no desarrollando las ecuaciones diferenciales.

2.4.3. Método de Cálculo de cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento

Es el método que debe ser aplicado al considerarse como la primera alternativa de procedimiento el cálculo manual. Resulta simplificado, por utilizar



el coeficiente global de transferencia de calor para calcular la carga de enfriamiento para techos y paredes, presentando resultados satisfactorios por lo que es adecuado para cálculos ingenieriles.

Así, la ecuación básica para carga de enfriamiento en superficies exteriores es:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad [Ec\ 15]$$

Siendo

$U$  el coeficiente global de transferencia de calor,

$A$  el área de transferencia de calor

$\Delta T$  la diferencia de temperaturas.

En la actualidad los valores de  $U$  están tabulados en la literatura especializada.

Además de los anteriores, existen otros métodos diferentes como los que emplean los diferentes programas informáticos para el cálculo de cargas, que suelen ser variaciones de los explicados anteriormente.

Una vez desarrollados los principales aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo un correcto análisis de la carga térmica en un edificio, se describen y comparan en la siguiente parte del proyecto dos de los programas informáticos más empleados para esa tarea.

### **3. ESTUDIO Y COMPARATIVA DE DOS PROGRAMAS INFORMÁTICOS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS**

El objetivo de esta parte del proyecto es realizar un estudio de dos de los programas empleados para el cálculo de cargas térmicas en edificios, desarrollados por fabricantes de equipos de ventilación y climatización.

Tras el estudio, se compararán ambos con el fin de determinar cual de ellos ofrece unas mejores prestaciones y cuales son las ventajas e inconvenientes de su utilización, así como sus limitaciones y los aspectos que se podrían mejorar.

Finalmente, se utilizará uno de estos programas para realizar el cálculo de carga del edificio para el que se diseñará el sistema de ventilación y climatización en la tercera parte de este proyecto.

#### **3.1. Descripción de los programas de cálculo de cargas térmicas en edificios**

Los programas de cálculo de cargas son habitualmente aplicaciones que, dadas unas condiciones climáticas interiores y exteriores, así como una serie de características de los edificios a estudiar como puedan ser el tamaño de las salas, las cargas en su interior, o las características de sus cerramientos, realizan una simulación para determinar el momento en el que tendrá lugar la carga máxima de refrigeración, así como su valor.

Para ello, tienen en cuenta la ubicación de las diferentes salas y su orientación, de modo que consideran adecuadamente los fenómenos de radiación y determinan la hora y el mes en el que se da la máxima carga, para la que se deben dimensionar los equipos posteriormente.

Dichos fenómenos de radiación no tienen tanta importancia cuando se trata de calcular la carga máxima de calefacción, y aunque estos programas

realizan conjuntamente el cálculo de la carga de climatización y de calefacción, como se explicó en la introducción la máxima carga en invierno tendrá lugar cuando la radiación solar sea nula, con lo que no la consideran para calefacción.

Una vez determinado el momento de máxima carga y su valor, algunos de estos programas ofrecen la posibilidad de elegir diferentes equipos de climatización y calefacción, y realizan una nueva simulación que determinará el consumo de dichos equipos, e incluso en algunos casos, realizan un presupuesto del sistema completo de HVAC.

Los programas que se van a estudiar son el Hourly Analysis Program (HAP) 4.40 de Carrier, y el programa TRACE 700, de TRANE.

Para conseguir que las conclusiones de la comparativa sean lo más acertadas posible, se explica en los siguientes apartados el funcionamiento y características de cada uno de los programas de cálculo de cargas citados.

### **3.2. Estudio del programa Hourly Analysis Program (HAP) 4.40, de Carrier**

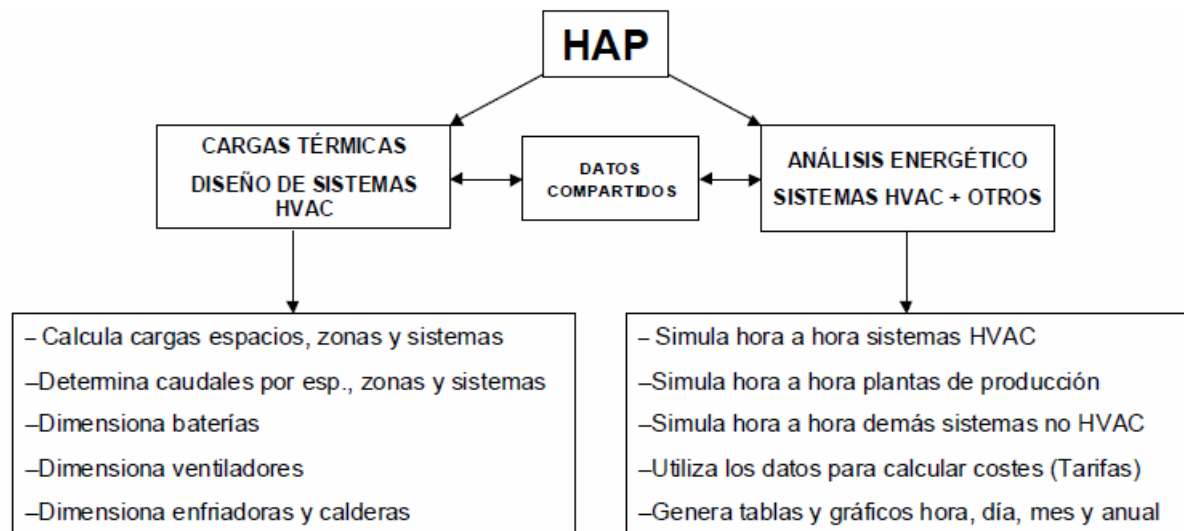
Se trata de un sofisticado software para el cálculo de cargas, que realiza un proceso completo, desde la determinación de la máxima carga térmica hasta la posibilidad de elegir una solución con equipos concretos.

El HAP 4.40 está desarrollado de acuerdo a los estándares para el cálculo de sistemas HVAC de diversas asociaciones americanas [Ref 5] , entre las que destacan:

- U.S. Federal Regulations for Energy Simulation Software  
*Regulaciones del Gobierno Federal en Software de Simulación Energética*
- U.S. Green Building Council - Leadership in Energy Efficient Design (LEEDs Projects)  
*Consejo de Energética y Medioambiente en la Edificación - Jefatura de Eficiencia Energética en el Diseño*
- ASHRAE 90.1 - 2001 Software Requirements for the ECB Method (Energy Cost Budget)  
*Requisitos de la ASHRAE para software que utiliza el método ECB, (presupuesto del coste de la energía)*
- ASHRAE 140 - 2001 Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs  
*Método estandarizado de evaluación de software de análisis energéticos en edificios de la ASHRAE*

Este programa utiliza una interfaz gráfica basada en Windows, que resulta fácil de comprender y utilizar para el usuario, y combina lo anterior con una elevada sofisticación a la hora de realizar simulaciones energéticas.

Las diferentes alternativas que ofrece el programa HAP 4.40 se recogen en el siguiente esquema de forma resumida:



*Figura 3: Alternativas de cálculo ofrecidas por el programa HAP 4.40 de Carrier*

### *3.2.1. Metodología de simulación, análisis y selección de sistemas*

El programa efectúa un proceso con sucesivas etapas, en el que se comienza por definir el problema, introduciendo datos sobre las condiciones climáticas y las características del edificio a estudiar, número y ubicación de las salas, características de la envolvente del edificio, etc.

Una vez hecho esto, el programa lleva a cabo el cálculo de cargas, en el cual queda definido el momento de carga máxima del sistema, así como las cargas de climatización y refrigeración existentes en las diferentes salas del edificio.

Posteriormente, se pasa a seleccionar alguno de los sistemas HVAC que ofrece el programa, tras evaluar los resultados de la fase anterior, quedando así definido el sistema que se va a emplear para el edificio.

Cabe destacar que el programa ofrece la posibilidad de seleccionar diferentes sistemas para un mismo edificio, pudiendo algunos de estos sistemas dar servicio a ciertas salas y otros al resto.

El siguiente esquema muestra de forma clara el método empleado por el programa para llegar a la fase de selección de los equipos.

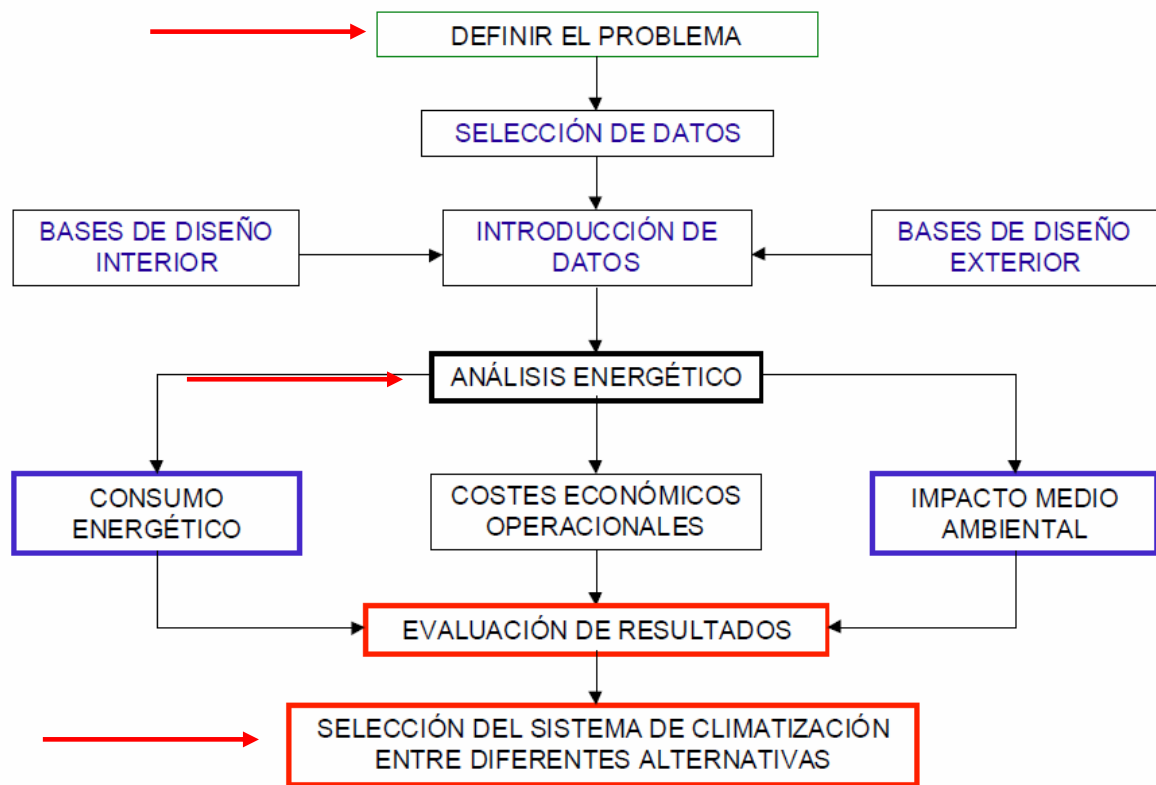


Figura 4: Esquema del procedimiento seguido por el programa HAP 4.40

Como se puede deducir fácilmente del esquema anterior, se podría dividir el proceso completo en tres fases principales, que son la fase de definición del problema, la fase de ejecución del análisis energético y el cálculo de cargas, y por último la fase de selección del sistema de climatización más adecuado.

Se explican en los siguientes apartados con mayor detalle cada una de dichas fases principales.

### 3.2.2. Fase de definición del problema

Esta fase consiste en la introducción de los diferentes datos que requiere el programa para poder realizar los pasos sucesivos. Los datos más importantes que se deben introducir para la obtención de unos resultados adecuados del análisis energético son:

- *Condiciones exteriores de diseño*

El programa cuenta con una base de datos que contiene información sobre las características climatológicas de diferentes ciudades del mundo, obtenida de la ASHRAE [Ref 2].

Por ejemplo, se muestran las características climatológicas contenidas en dicha base de datos para la ciudad de Málaga.

*Figura 5: Introducción de las características meteorológicas de una zona en el software HAP 4.40 de Carrier*

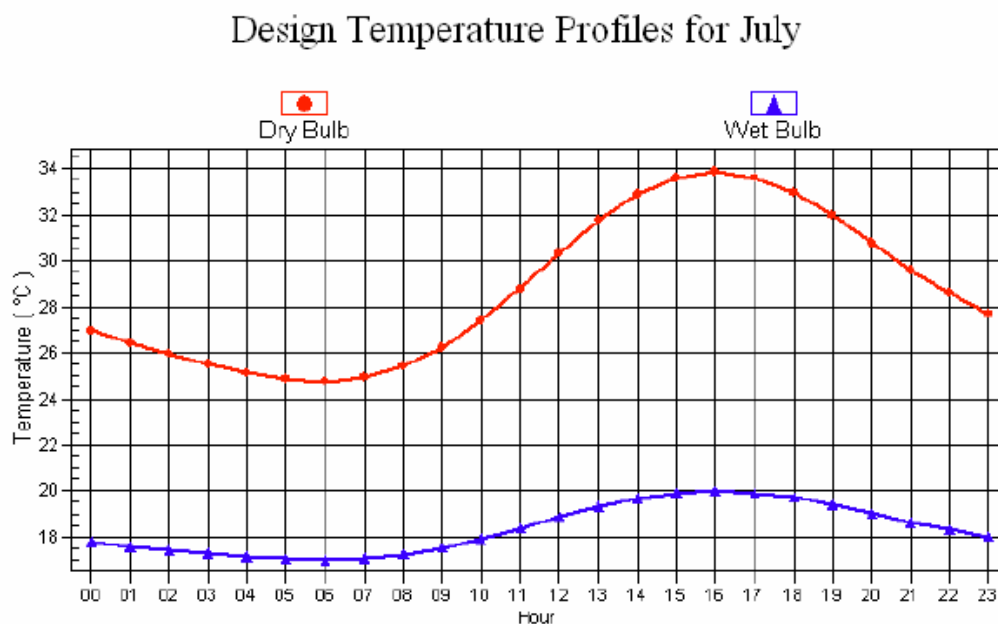
Se tienen en cuenta aspectos como la ubicación del observatorio desde donde se tomaron las medidas, las temperaturas seca y húmeda, la oscilación media diaria, las características atmosféricas y del suelo, así como la franja horaria y las fechas de cambio de hora por aprovechamiento de la luz solar.

También contiene información mes a mes, e incluso hora a hora de las variaciones de la temperatura y la radiación solar, que utiliza posteriormente para realizar la simulación de carga térmica.

Asimismo, el programa ofrece la posibilidad de introducir manualmente los valores deseados de temperaturas y humedades en caso de que no estén contenidos en su base de datos.

Una vez introducidos los datos, el programa ofrece la posibilidad de generar informes, o incluso gráficos, con las características climáticas de la zona, como el que se muestra a continuación para las condiciones de la ciudad de Málaga.

Location: Malaga, Spain



*Figura 6: Evolución de la temperatura seca y la temperatura húmeda para el mes de Julio en la ciudad de Málaga*

- *Características de la envolvente del edificio y de su interior*

En este apartado se introducen las características del edificio que se pretende acondicionar, tanto el número de salas que contiene, como sus dimensiones y las características de muros, cubiertas, ventanas, puertas, forjados, etc. que componen el edificio en cuestión.



El programa permite crear diferentes tipos de cerramientos utilizando los materiales más empleados en la construcción, que tiene almacenados en su base de datos, ofreciendo gran número de posibilidades para definir las características de la envolvente del edificio. También se puede almacenar la información creada y utilizarla para otros proyectos.

Una vez hecho esto, el HAP es capaz de generar informes como los que se muestran a continuación, con los datos de las diferentes salas creadas, así como de las características de los cerramientos que se han almacenado.

#### Muro exterior

##### Características de la pared

Color superficie exterior ..... **Medio**  
 Valor de U global ..... **0,348** W/(m<sup>2</sup>·°K)

##### Detalles de las capas del muro (Interior a exterior)

Capas	Grosor mm	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg · °K)	Resistencia (m <sup>2</sup> ·°K)/W	Peso kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Gypsum board	25,000	800,9	1,09	0,15532	20,0
RSI-1.2 board insulation	35,000	32,0	0,92	1,68522	1,1
LW concrete block	275,000	608,7	0,84	0,72224	167,4
Face brick	175,000	2002,3	0,92	0,13132	350,4
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
<b>Total</b>	<b>510,000</b>	<b>-</b>		<b>2,87338</b>	<b>538,9</b>

*Tabla 7: Composición y propiedades de un muro exterior de tipo medio*

#### Cubierta

##### Características de la cubierta

Color superficie exterior ..... **Oscuro**  
 Valor de U global ..... **0,249** W/(m<sup>2</sup>·°K)

##### Detalles de las capas de la cubierta (Interior a exterior)

Capas	Grosor mm	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg · °K)	Resistencia (m <sup>2</sup> ·°K)/W	Peso kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Steel deck	0,853	7833,0	0,50	0,00002	6,7
Board insulation	77,000	32,0	0,92	3,70748	2,5
Built-up roofing	20,000	1121,3	1,47	0,12293	22,4
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
<b>Total</b>	<b>97,853</b>	<b>-</b>		<b>4,00970</b>	<b>31,6</b>

*Tabla 8: Composición y propiedades de una cubierta exterior oscura*

Se introducen también en esta parte las cargas existentes en el interior de cada una de las salas del edificio, tanto las debidas a equipos, como las debidas a iluminación o a ocupación de personas.

Figura 7: Introducción de las diferentes cargas térmicas en cada sala

Existe la posibilidad como se aprecia en el cuadro anterior, de elegir diferentes modos de funcionamiento de los equipos, tipo de actividad de las personas, etc. lo cual variará la carga térmica disipada por ellos. Por ejemplo dependiendo de si los equipos se encuentran funcionando en continuo o no, o del tipo de actividad física que estén realizando las personas, el grado de disipación térmica será uno u otro.

- *Condiciones interiores de diseño*

En esta parte se introducen los valores de temperaturas y humedades que se desean mantener en el interior de las diferentes salas definidas en el apartado anterior. Concretamente se introducen los valores a partir de los cuales los termostatos ubicados en las salas enviarán la orden de arrancar o detener el equipo asignado a dicha sala.

La siguiente imagen muestra el cuadro en el que el programa solicita la introducción de las condiciones que se desean mantener en cada una de las salas.

The screenshot shows a software window titled "Air System Properties - [Equipos salas eléctricas]". It has several tabs: "General", "System Components", "Zone Components", "Sizing Data", and "Equipment". The "Zone Components" tab is selected. On the left, there are checkboxes for "Spaces", "Thermostats", "Supply Terminals", and "Zone Heating Units". The "Thermostats" checkbox is checked. The main area is titled "Thermostat and Zone Data". It includes a checkbox "All zone Tstats set the same" and a "Zone" selector showing "Zone 1 of 3". The "Zone Name" is "Sala de baterías". Below this, there are input fields for "Cooling T-stat Setpoints" (occupied: 32,0 °C, unoccupied: 32,0 °C) and "Heating T-stat Setpoints" (occupied: 17,0 °C, unoccupied: 17,0 °C). The "T-stat Throttling Range" is 0,10 °K. The "Diversity Factor" is 100 %. The "Direct Exhaust Airflow" is 1314,4 L/s. The "Direct Exhaust Fan kW" is 0,0 kW. There is a "Shared Data" section with a "Thermostat Schedule" dropdown set to "Sample Schedule" and a radio button for "Unoccupied Cooling is" set to "Available". At the bottom are "OK", "Cancel", and "Help" buttons.

Figura 8: Introducción de las condiciones a mantener en cada sala

Se introducen también en este apartado las condiciones requeridas para mantener una calidad del aire interior adecuada, el caudal de aire que se extrae de la sala, etc.

El programa permite especificar cada uno de los espacios definidos en el apartado anterior como una sala independiente, con sus propios requerimientos de temperaturas y humedades, o combinar diferentes salas que irán asociadas a un mismo termostato.

Una vez definido el problema que se pretende solucionar, el siguiente paso es continuar con la ejecución del cálculo de cargas y del análisis energético.

### 3.2.3. Fase de ejecución del cálculo de cargas

Es en esta fase donde el programa determina las cargas térmicas máximas que se van a dar en el edificio estudiado, así como el momento en que se producirán.

El método empleado por el programa para el análisis energético está basado en el Método de las Funciones de Transferencia (TFM), que se explicó en la introducción teórica sobre el cálculo de cargas.

De entre las diferentes posibilidades existentes para la realización de análisis energéticos, el método empleado por el HAP 4.40 combina un buen grado de precisión y un grado de sencillez elevado.

La siguiente gráfica representa el grado de simplicidad frente al grado de precisión que combinan las diferentes opciones para el cálculo de cargas térmicas y análisis energético.

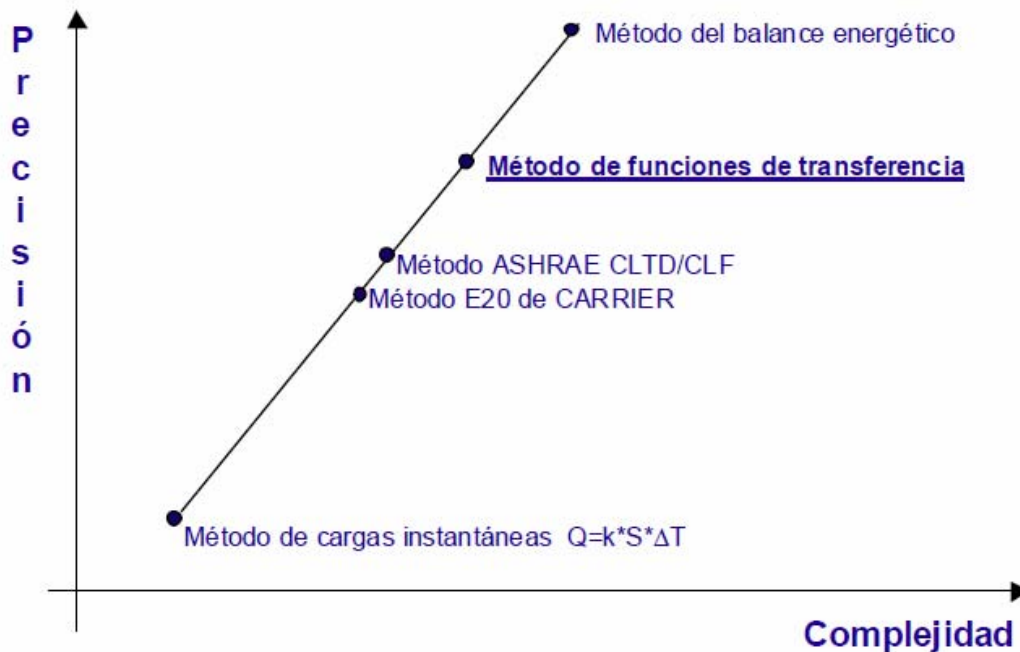


Figura 9: Grado de complejidad frente a grado de precisión de los métodos existentes para el cálculo de cargas térmicas

Para obtener sus resultados del cálculo de cargas, de igual manera que el TFM, la opción utilizada por el programa estudiado simplifica las ecuaciones del método del balance de energía y llega a unos resultados que no difieren demasiado de los obtenidos por el TFM, como se aprecia en la gráfica siguiente.

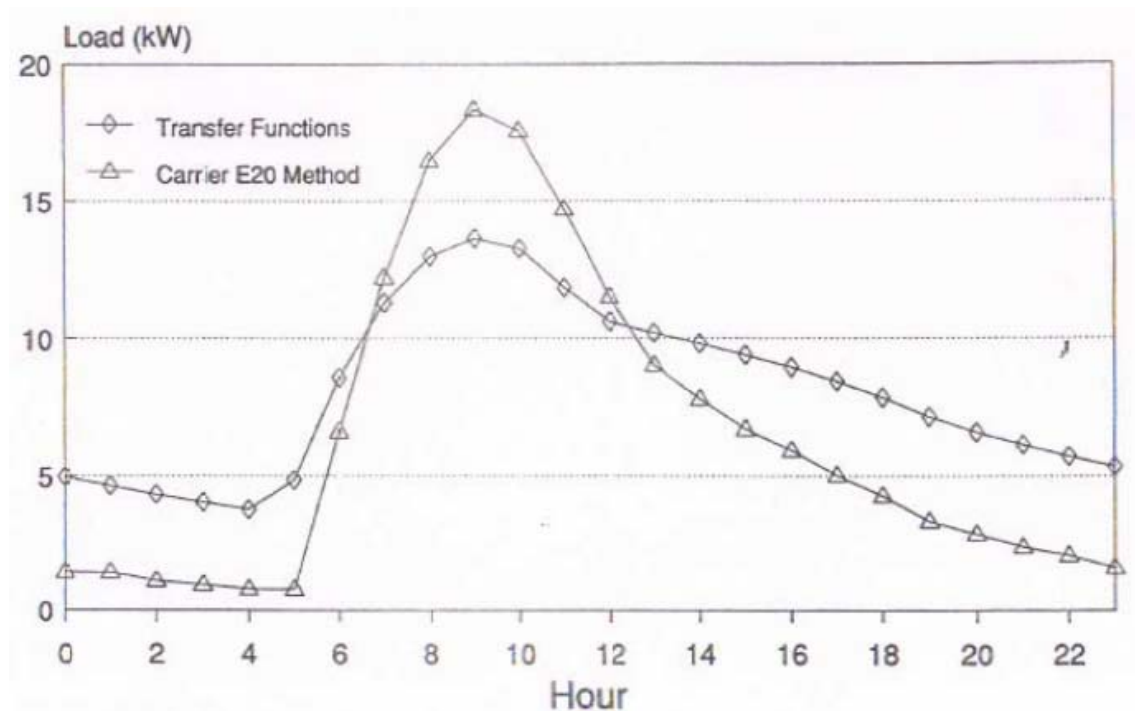


Figura 10: Carga térmica para un edificio para cada hora, según el TFM y el E20

En ella se representan los valores de carga térmica debida al sol que se dan para un edificio de peso medio, en la ciudad de Viena, en el mes de julio, para una pared orientada hacia el este, para cada uno de los métodos citados.

El software es capaz también de generar archivos con información completa sobre los resultados obtenidos para el cálculo de la carga térmica, el caudal de ventilación, el momento de máxima carga, etc. como los siguientes.

#### Datos de carga en salas

Nombre de la zona	Carga refrigeración Máxima Sensible (kW)	Flujo de Aire de Diseño (L/s)	Flujo de Aire de Mínimo (L/s)	Hora de máxima Carga	Carga de Calefacción Máxima (kW)	Área de Cada Zona (m²)
Sala de baterías	30,5	1332	1332	Jul 1500	5,3	118,3
Sala eléctrica	132,4	4992	4992	Jul 1500	23,6	567,9
Sala electrónica	18,0	1148	1148	Jul 1500	7,0	175,8

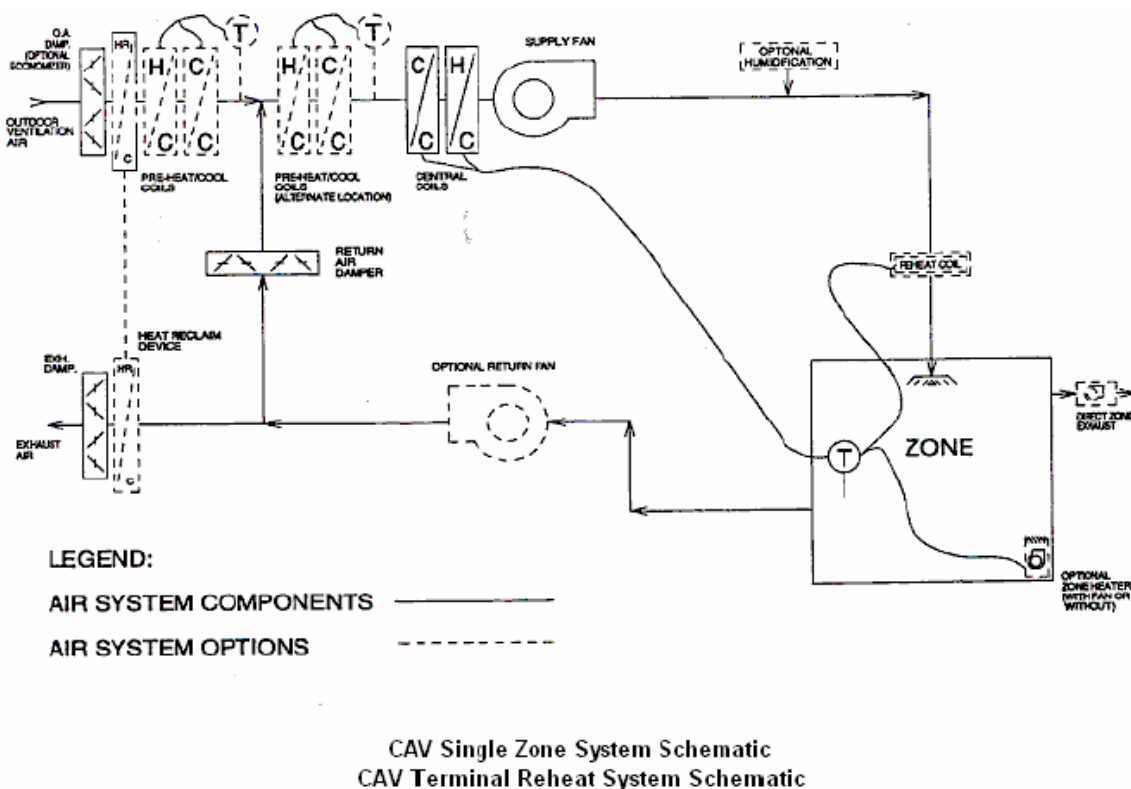
Tabla 9: Carga térmica y caudal de ventilación para diferentes salas de un edificio

Por último, una vez llevado a cabo el cálculo de la carga térmica por el programa, se está en disposición de pasar a la fase de selección del sistema de climatización más adecuado para el edificio estudiado.

### 3.2.4. Fase de selección del sistema de climatización

En esta fase, se ofrece la opción de seleccionar diferentes sistemas de climatización de entre los que el programa tiene almacenados en su base de datos.

A modo de ayuda, se pueden consultar una serie de gráficos que representan el proceso que tiene lugar en las diferentes instalaciones, así como sus componentes principales, como el que se observa en la figura 11.



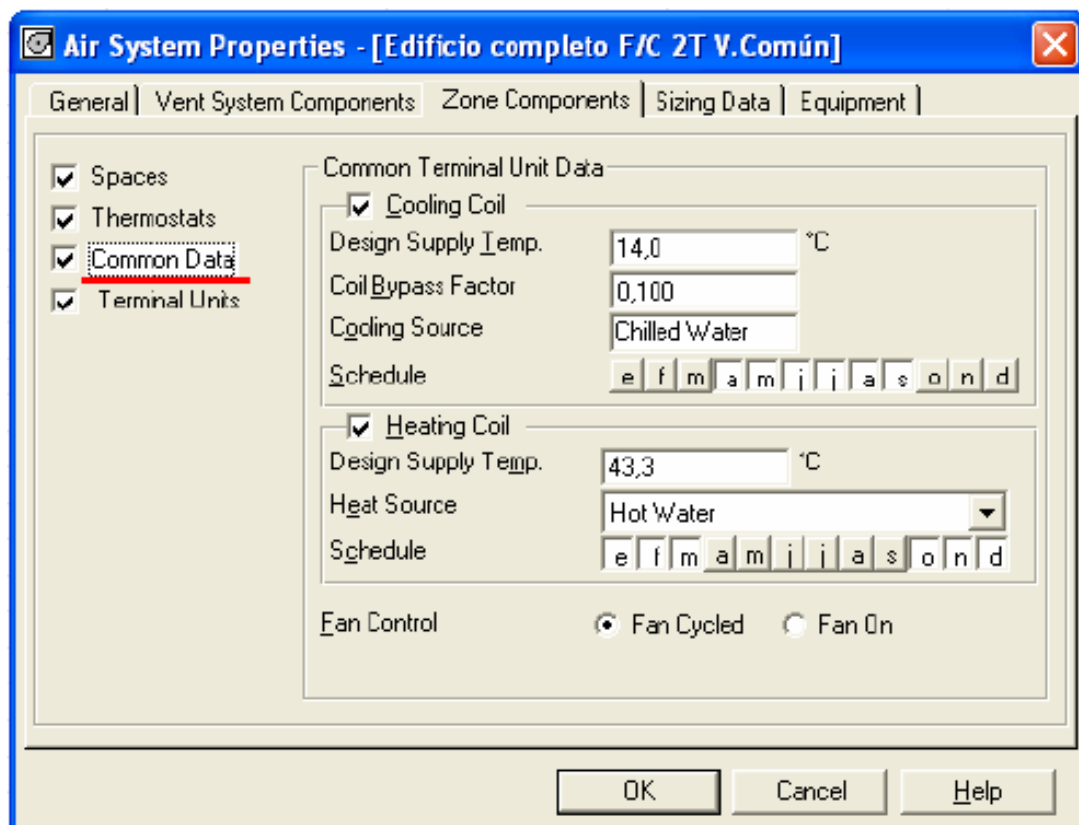
*Figura 11: Diagrama de funcionamiento de una unidad de tratamiento de aire de caudal constante*

El gráfico anterior muestra el esquema de funcionamiento de una unidad de tratamiento de aire de caudal constante, para una habitación.

En él, el aire entra a la instalación a través de una compuerta regulable, para pasar por una batería de calentamiento/enfriamiento conectada a un termostato ubicado en el interior de la sala, antes de ser impulsado al interior de la misma.

Para la salida de aire se puede colocar un ventilador de retorno opcional, que extraerá el aire de la sala para posteriormente recircular parte del mismo y devolverlo al sistema de impulsión, o expulsarlo al exterior.

Se observan una serie de elementos opcionales, como humidificadores o calentadores terminales, o el propio ventilador de retorno, que se instalarán o no dependiendo de las exigencias de la instalación.



*Figura 12: Introducción de los parámetros de funcionamiento de los sistemas asociados a las diferentes salas*

Una vez en este punto, se asocian las diferentes salas del edificio a cada uno de los sistemas seleccionados.

Dependiendo del sistema elegido, el programa solicita, como se observa en la figura 12, la introducción de una serie de datos que fijarán el funcionamiento de la instalación, como la temperatura de impulsión, o el periodo del año en que funcionará cada una de las baterías de calentamiento/enfriamiento del sistema.

Finalmente el programa realiza una simulación del funcionamiento del sistema elegido, determinando la potencia del mismo, las cargas de calefacción y climatización que soporta, los caudales de aire que impulsa, los que recircula, etc.

Ofrece después la posibilidad de generar una serie de informes que contienen toda la información acerca de las condiciones del proyecto, las características del local a acondicionar y el sistema elegido para ello.

Comparando entre los diferentes sistemas que se pueden instalar, se llega finalmente a la solución más adecuada para la climatización del edificio.

Además de los informes anteriormente citados, el software es capaz de generar gráficos como el siguiente, aislandose el dato deseado para representarlo de una forma mucho más clara.

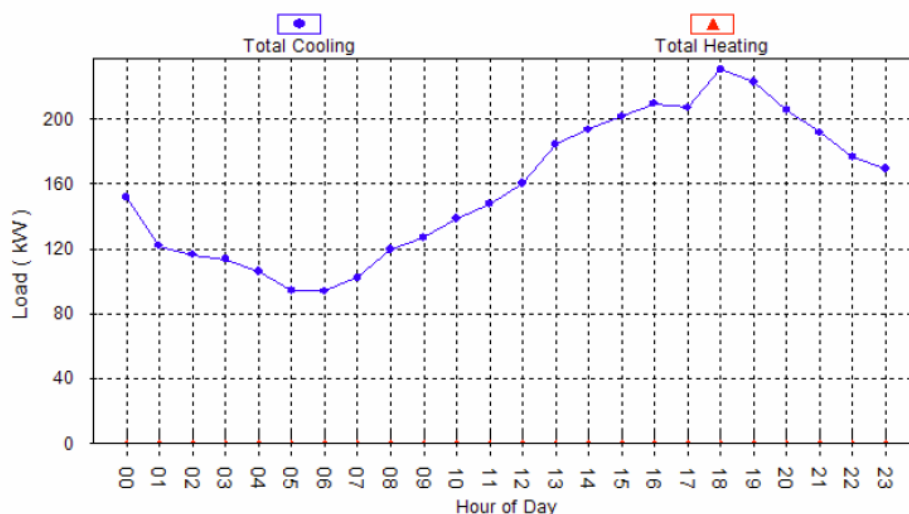


Figura 13: Potencia de refrigeración de la máquina seleccionada para cada hora



El gráfico anterior representa la carga de climatización y de calefacción que ha de soportar una máquina instalada, para cada hora del día y en el mes de julio.

Se puede concluir por tanto que el programa Hourly Analysis Program (HAP) 4.40 de Carrier ofrece unas potentes prestaciones a la hora de llevar a cabo el análisis de la carga térmica en un edificio, además de facilitar enormemente la selección de equipos dada su amplia base de datos y su capacidad de simulación del funcionamiento de los mismos.

A continuación se realiza el estudio del otro programa habitualmente empleado en el cálculo de cargas térmicas, para comparar ambos posteriormente.

### **3.3. Estudio del programa TRACE 700 de TRANE**

El software TRACE 700 es uno de los programas líderes en el mercado en el cálculo de cargas térmicas, el diseño de sistemas HVAC, así como el análisis energético y económico de dichos sistemas.

Ofrece también una interfaz intuitiva que ayuda al usuario a proceder correctamente con el cálculo de cargas.

De igual manera que el HAP de Carrier el TRACE 700 [Ref 6], cumple con los estándares de sociedades especializadas, como puedan ser:

- ASHRAE Standard 62 - Ventilation Rate Procedure  
*Norma 62 de la ASHRAE sobre el procedimiento de cálculo de la tasa de ventilación*
- ASHRAE Standard 90.1 - ability to model proposed and baseline models for Leadership in Energy Efficient Design (LEEDs Projects)  
*Norma 90.1 de ASHRAE para el modelado enfocado a la Eficiencia Energética en el Diseño*
- ASHRAE 140 - 2001 Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs  
*Método estandarizado de evaluación de software de análisis energéticos en edificios de la ASHRAE*

El TRACE 700 permite a los diseñadores de sistemas HVAC optimizar el equipamiento de los mismos en base a la utilización de la energía, así como en cuanto al coste de su ciclo de vida.

El software facilita el análisis energético de muy diversos tipos de configuraciones de sistemas, permitiendo al usuario manipular un amplio rango de variables y generar un perfil con el edificio específico que se pretende acondicionar.

Como para el programa anterior, se describe a continuación el método empleado por el software para llegar a sus resultados finales.

### *3.3.1. Metodología de simulación, análisis y selección de sistemas*

El TRACE 700 comprende cuatro fases de cálculo distintas, que unidas proporcionan un análisis energético preciso y completo, dichas fases son:

- Fase de diseño de las cargas en el edificio
- Fase de simulación del sistema (referido a la distribución de aire en el edificio)
- Fase de simulación de los equipos de soporte del sistema HVAC
- Análisis económico

Los cálculos realizados en la primera de estas fases proporcionan detalles sobre las cargas de climatización y de calefacción, para evaluar el efecto de aspectos como la orientación del edificio, su tamaño, forma, o su peso, en base a datos climáticos horarios y a las características de transferencia de calor del aire y la humedad.

Tras esta fase de diseño de cargas, los cálculos de las fases subsiguientes simulan la operación del edificio y sus sistemas asociados durante un año completo.

Los resultados de estas fases ayudan a observar como el uso de la energía a lo largo del año se ve afectado por el diseño del sistema, los factores climáticos, los modos de operación, etc.

Los cálculos requieren para incrementar su grado de precisión de una descripción concreta de los siguientes aspectos.

- *Datos climáticos:* Temperatura, radiación, viento, humedad, incluyendo sus variaciones por estaciones
- *Características estructurales del edificio:* Orientación, forma, tamaño, etc.
- *Características operacionales del edificio y sus sistemas:* Tienen en cuenta la temperatura, humedad, ventilación, modos de operación de los equipos en función del grado de ocupación de las salas, etc.
- *Características operacionales del sistema HVAC:* Teniendo en cuenta la capacidad de los sistemas, su funcionamiento, así como los efectos de las temperaturas seca y húmeda en el rendimiento de los equipos y el consumo de energía.
- *Calor generado en el interior del edificio:* Debido a iluminación, equipos, y el número de personas que ocupan el edificio y la distribución de dicha ocupación en el tiempo.

Con los datos anteriores, el software va implementando cada una de las fases y determinando los resultados de las mismas, que ayudarán al correcto dimensionado y elección de los sistemas más adecuados para cada edificio.

En la figura mostrada en la página siguiente, se especifica en forma de esquema el modo de funcionamiento del TRACE 700, tanto las entradas que solicitará el programa, como los cálculos que realiza y la información que obtiene de su base de datos.

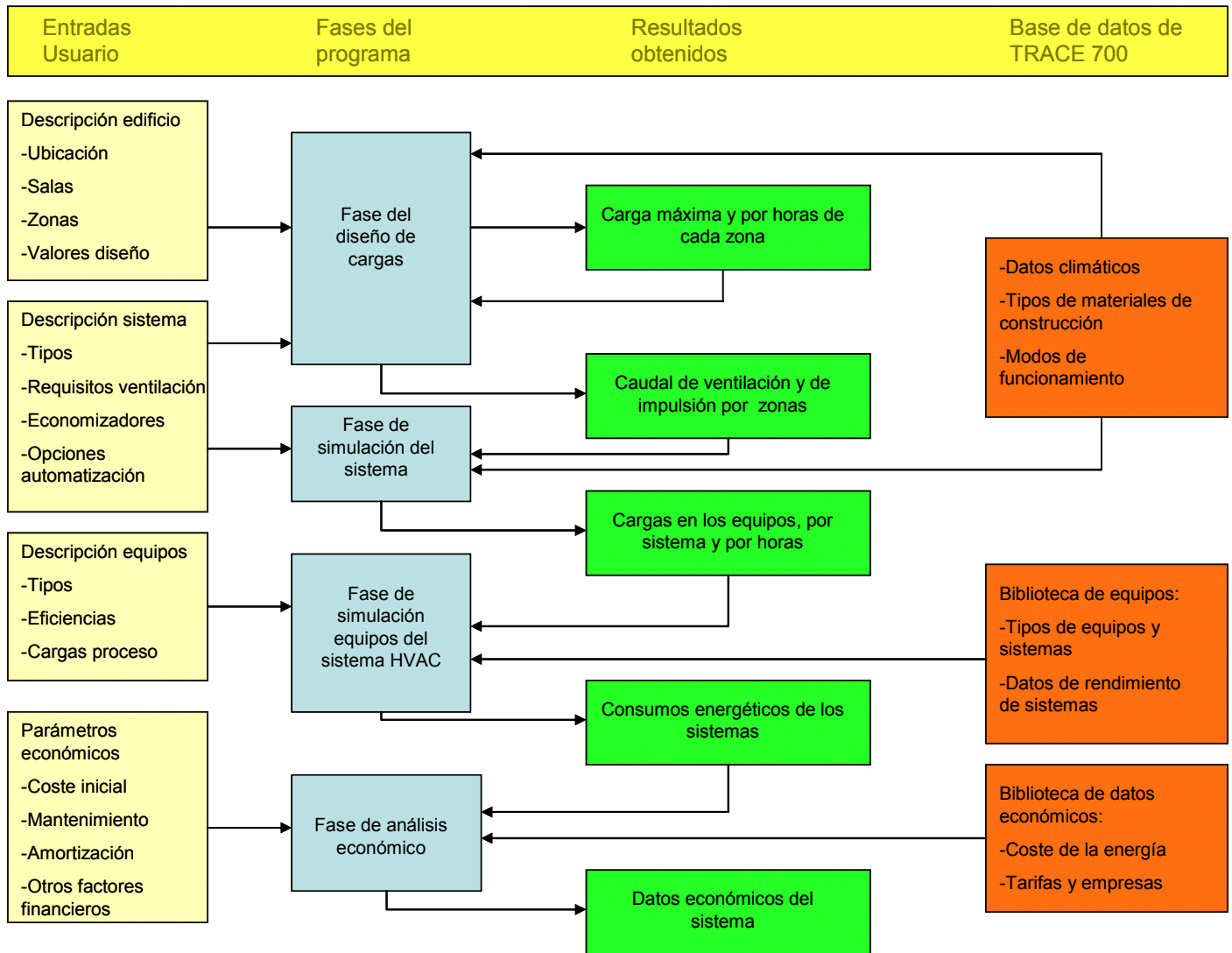


Figura 14: Esquema del funcionamiento del software TRACE 700

Una vez detallados los aspectos generales del funcionamiento del programa, se detallan en profundidad, como se hizo para el HAP 4.40, cada una de las fases citadas.

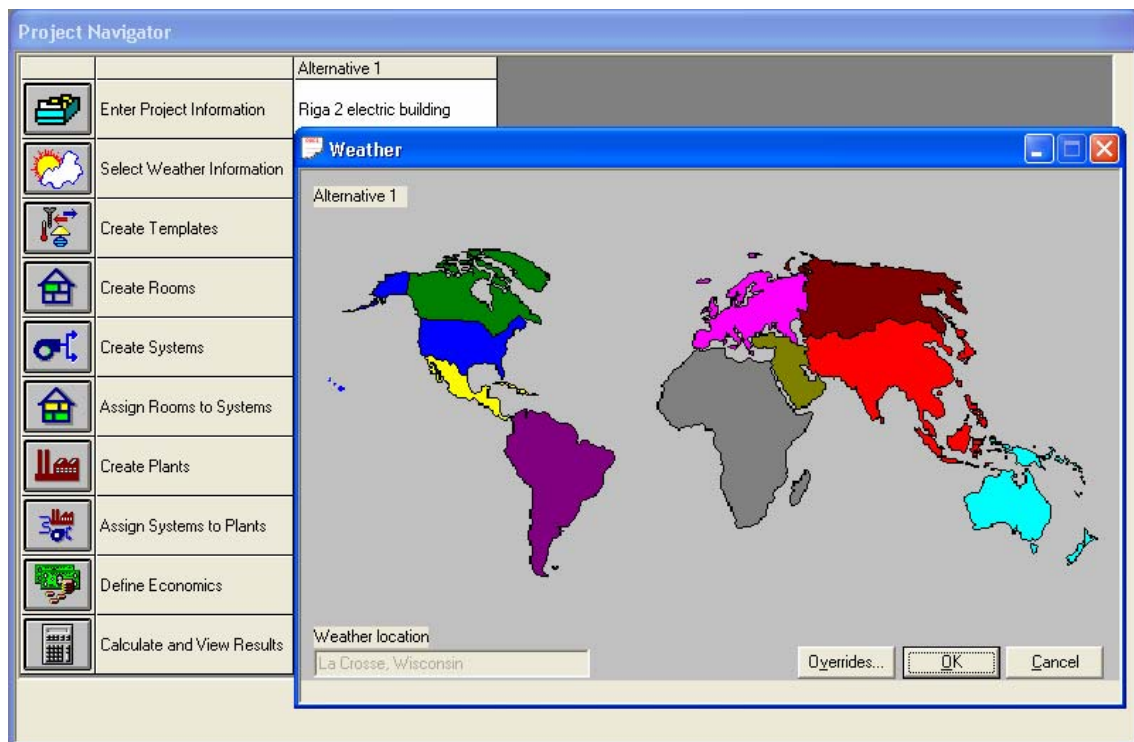
### 3.3.2. Fase de diseño de las cargas en el edificio:

Los cálculos desarrollados por el programa en esta fase definen las cargas totales de climatización y calefacción en el edificio, así como las cargas por hora, por zonas, o para cada uno de los sistemas empleados.

Para ello utiliza información climatológica de alguna de las ciudades contenidas en su biblioteca. En caso de no contener la localidad deseada en su

base de datos, permite la introducción manual de las condiciones exteriores de diseño.

La siguiente figura muestra la pantalla de selección de la ubicación del edificio a acondicionar en el programa TRACE 700.



*Figura 15: Selección de a ubicación del edificio a acondicionar en e programa TRACE 700.*

Seleccionando sobre alguno de los colores dentro del mapa, se despliega una pestaña donde se elige la localidad concreta. En el caso de no estar la localidad deseada en la base de datos, se pueden introducir manualmente las condiciones en la pestaña “overrides”.

Para que el programa lleve a cabo los cálculos de esta primera fase, deben definirse primero el tipo de construcción, la orientación del edificio, así como su perfil de utilización, con los horarios de funcionamiento de la maquinaria y la ocupación.

Otras entradas que requiere el programa incluyen el tipo de sistema de tratamiento de aire, la cantidad de superficies acristaladas, el tipo de iluminación, o la cantidad de aire exterior necesario para una adecuada ventilación bajo las condiciones de diseño.

Para la introducción de todos estos datos, el programa presenta varias pestañas dentro de las cuales se van definiendo los aspectos anteriores. Cabe destacar que ofrece la posibilidad de introducir todos los datos en una pestaña general, que se muestra en la figura 14, en la que aparecen los aspectos más relevantes que se suelen introducir.

Figura 16: Pantalla de introducción de datos del edificio en el TRACE 700

Se introducen en este punto datos sobre las dimensiones de cada sala, las características de su envolvente, las cargas internas existentes, así como los requisitos de ventilación.

El TRACE 700 permite asimismo generar una serie de plantillas, que podrán ser aplicadas a diferentes salas posteriormente, con el fin de no tener que introducir los datos para cada una de ellas.

Además de la pestaña general, en caso de querer introducir datos más detallados, el programa contiene varias pestañas donde se pueden definir con mayor precisión los datos deseados.

Una vez definidas estas entradas, mediante la aplicación de procedimientos especificados en el manual de la ASHRAE, (*ASHRAE Handbook, Fundamentals [Ref 2]*), el TRACE 700 determina las cargas de climatización y calefacción para el edificio y para cada una de sus salas, así como las cantidades de aire de impulsión, aire recirculado, aire de renovación, o la temperatura de impulsión del aire, siempre que no hayan sido fijadas previamente por el usuario.

Para los cálculos de climatización, se tiene en cuenta la carga máxima simultánea, en función de los horarios de funcionamiento especificados para los equipos o la iluminación, así como para la ocupación del edificio.

### 3.3.3. Fase de simulación del sistema:

Una vez desarrollados estos cálculos, se procede con la segunda fase, la de simulación del sistema, referido a la distribución del aire en el interior del edificio.

Durante esta segunda fase del cálculo, el software aplica las diferentes variables que afectarán al funcionamiento del futuro sistema HVAC, para traducir las pérdidas y ganancias de calor en cargas para los equipos.

Para ello se sigue el flujo del aire a través de cada uno de los sistemas de distribución, estudiando la ganancia o pérdida de calor y de humedad que tiene lugar en el camino.

Para el desarrollo de los cálculos de esta fase, es necesaria la introducción de una serie de datos en el programa. En este caso se definen los tipos de sistemas que se van a colocar en el edificio, de entre la extensa base de datos que contiene el programa.



La siguiente figura muestra la pantalla en la que se seleccionan los tipos de sistema, y en la que se presenta un esquema de cada tipo de máquina, para ayudar a su elección por parte del usuario.

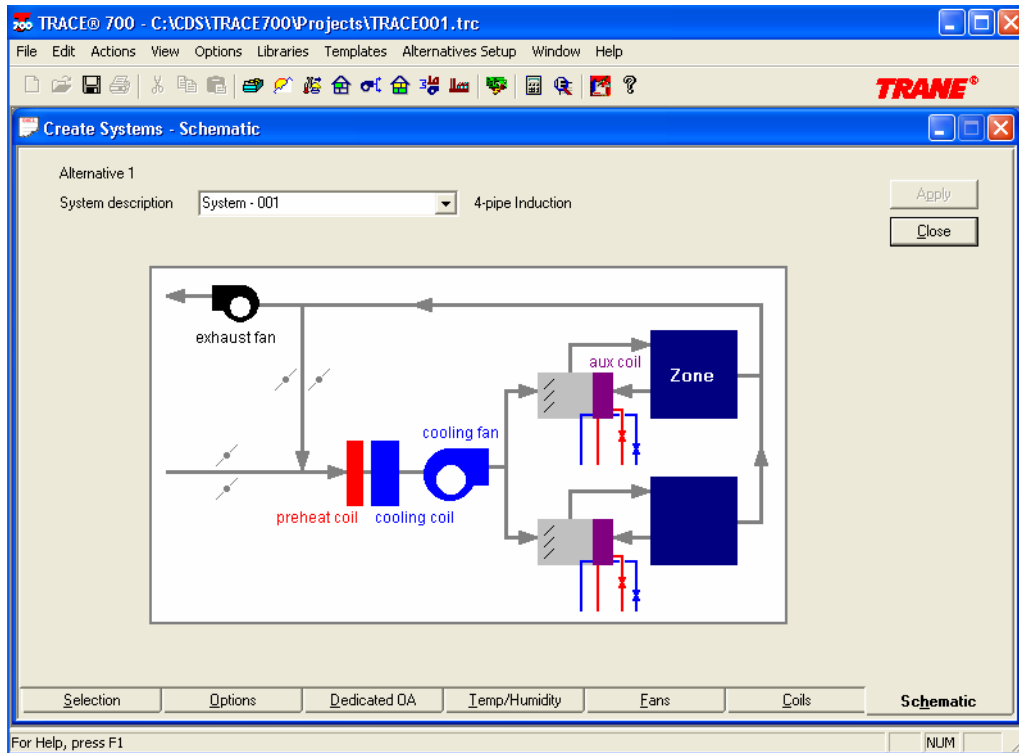


Figura 17: Selección del tipo de sistema a emplear en el TRACE 700

En la figura 17 se muestra un esquema del funcionamiento de una unidad de tratamiento de aire multizona, con baterías de calentamiento y enfriamiento, ventiladores de impulsión y de retorno, y sección de recirculación de aire.

En función de los elementos elegidos para el sistema en cuestión, se solicita la introducción de una serie de parámetros de funcionamiento, como el rango de temperaturas entre las cuales la máquina estará en funcionamiento, el grado de humedad relativa a mantener en el interior de las diferentes salas, o la temperatura de impulsión del aire al interior de las mismas.

Una vez definidos los sistemas que se van a utilizar en el edificio, se asocia cada una de las salas del mismo a alguno de ellos, de modo que el programa conozca la demanda térmica de qué salas debe satisfacer cada uno.

La figura siguiente muestra la forma en que las salas se asocian por zonas, y como dichas zonas se asocian a su vez a los sistemas seleccionados.

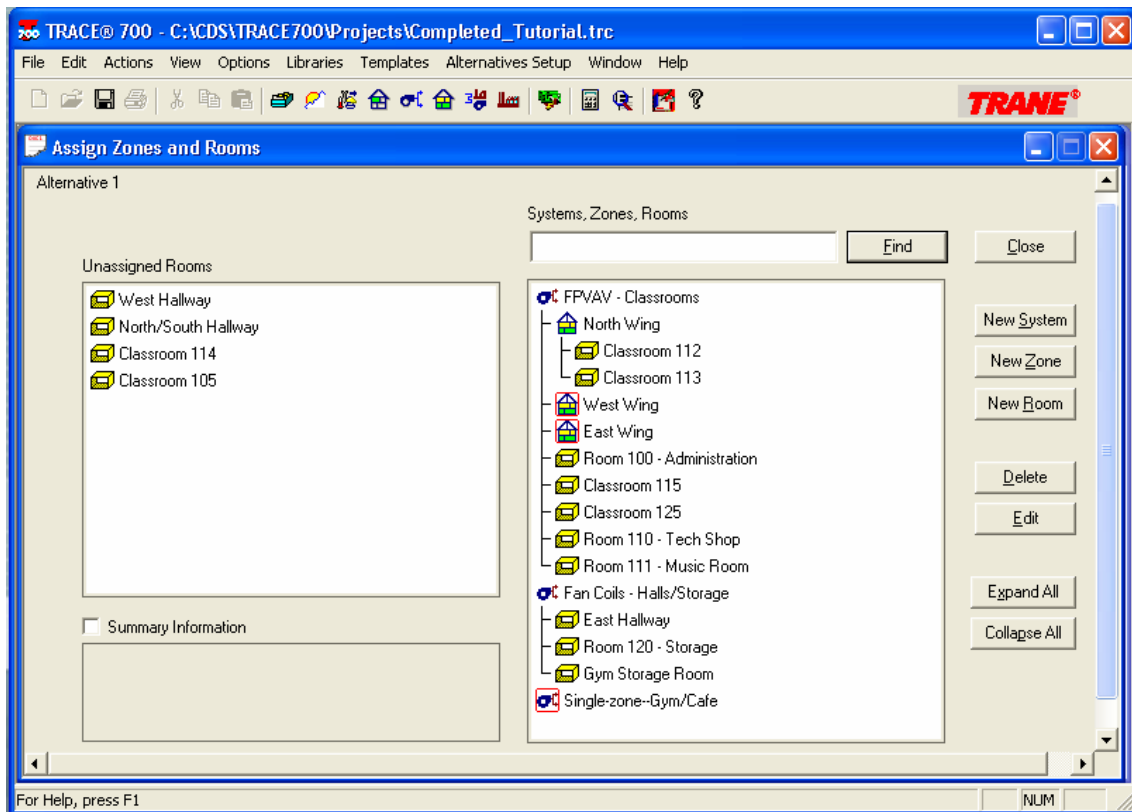


Figura 18: Asignación de zonas a sistemas en el TRACE 700

Realizando la simulación del sistema, el programa define finalmente las cargas de calefacción y climatización para los equipos, así como las debidas al movimiento del aire para ventilación y en los casos en que sea aplicable, las necesidades de humidificación.

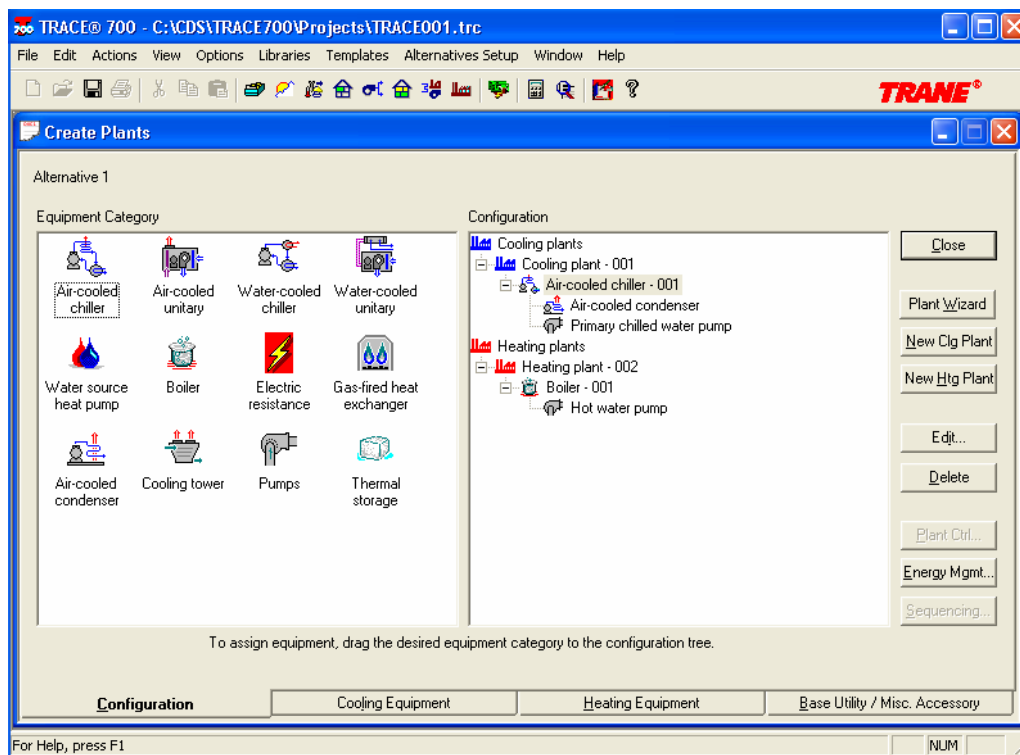
Llegado este punto, se pasa a la ase de simulación de los equipos de soporte del sistema HVAC empleado.

#### 3.3.4. Fase de simulación de los equipos del sistema HVAC

El objetivo de los cálculos realizados por el programa en esta fase es traducir las cargas que soportan los sistemas, determinadas en la fase anterior, en consumo de energía de los equipos de soporte de los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado.

Para cumplir esta tarea, el programa aplica las cargas por horas de los diferentes equipos de cada sistema así como los datos climatológicos relevantes. El clima afecta al rendimiento de los sistemas a carga parcial, especialmente cuando se utilizan sistemas que utilizan refrigeración por aire.

En este punto, se asignan los diferentes sistemas definidos en la fase anterior a cada uno de los equipos de soporte. La figura 19 muestra la forma en la que se asignan dichos sistemas. De nuevo, varias unidades pueden estar asignadas al mismo equipo, por ejemplo dos unidades de tratamiento de aire que abastezcan a zonas diferentes pueden estar asignadas a la misma torre de refrigeración.



*Figura 19: Asignación de sistemas a los equipos de soporte*

Las entradas que el programa solicita en esta fase se refieren al tipo de equipos de calefacción, refrigeración e impulsión o extracción del aire.

Disponiendo de lo anterior, el programa extrae la información apropiada sobre el rendimiento de los equipos de su amplia biblioteca, y traduce las cargas de los sistemas en consumos de energía, como se ha dicho.

Por último, se pasa a la fase del análisis económico que cerrará el cálculo desarrollado por el TRACE 700.

### 3.3.5. *Fase del análisis económico*

En la fase final de estos cálculos se determina cual es el coste de instalación y operación de los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado de un edificio, incluyendo costes mensuales y anuales de utilización a lo largo de la vida útil del sistema.

Para completar estos cálculos, el programa utiliza los consumos de energía determinados en la fase anterior y las entradas solicitadas en esta fase, y proporciona información detallada sobre los aspectos económicos derivados de la instalación y explotación del sistema.

Una vez desarrolladas las diferentes fases, el programa ofrece la posibilidad de generar diferentes informes de cada uno de los pasos, comprendiendo datos sobre las características del edificio, la meteorología, el cálculo de la carga térmica, los datos referentes a la potencia y el funcionamiento de cada uno de los sistemas elegidos, y los datos económicos calculados empleando todos los anteriores.

La figura de la página siguiente muestra un ejemplo de este tipo de informes para la carga que soporta una caldera que alimenta algunos de los sistemas elegidos como solución.

# SYSTEM SUMMARY

## DESIGN HEATING CAPACITIES

By Trane

**Alternative 1**

### System Coil Capacities

System Description	System Type	Main System Btu/h	Aux System Btu/h	Preheat Btu/h	Reheat Btu/h	Humid. Btu/h
FPVAV - Classrooms	Parallel Fan-Powered VAV	78,125,000	0	43,000,000	60,457,031	66,031,250
Fan Coils - Halls/Storage	Fan Coil	38,562,500	0	0	0	0
Single-zone--Gym/Cafe	Single Zone	26,000,000	0	0	0	0
<b>Totals</b>		<b>42,687,500</b>	<b>0</b>	<b>43,000,000</b>	<b>60,457,031</b>	<b>66,031,250</b>

### Building Plant Capacities

		Peak Loads						
Plant	System	Main Coil MBh	Preheat Coil MBh	Reheat Coil MBh	Humid. Coil MBh	Aux Coil MBh	Opt Vent Coil MBh	Misc Load MBh
Boiler		142,718	121,064	0	0	0	0	0
	FPVAV - Classrooms	0	121,064	0	0	0	0	0
	Fan Coils - Halls/Storage	34,274	0	0	0	0	0	0
	Single-zone--Gym/Cafe	108,443	0	0	0	0	0	0
VAV backup heat		67,668	0	2,586	0	0	0	0
	FPVAV - Classrooms	67,668	0	2,586	0	0	0	0

**Building peak load is 334.035,0 MBh.**

Figura 20: Presentación de resultados del TRACE 700

Se observan los valores de la carga máxima que soportan una caldera y el sistema de calefacción de respaldo de un equipo de volumen de aire variable (VAV).

### **3.4. Comparativa de los programas Hourly Analysis Program (HAP)**

#### **4.40 de Carrier y TRACE 700 de TRANE**

Una vez estudiadas las características y el funcionamiento de cada uno de los programas, se realiza a continuación una comparativa de sus prestaciones, y de las ventajas e inconvenientes que se derivan de la utilización de cada uno ellos.

Se analizan en la comparativa diferentes aspectos que resultarán importantes a la hora de realizar un cálculo de la carga térmica en un edificio lo más preciso posible, en función de los datos de que se dispone y de los resultados que proporciona cada uno de los programas.

Con ello se pretende determinar cuál de ellos será el más apropiado para emplearlo en el diseño del sistema de ventilación y climatización de un edificio, que compone la última parte del proyecto.

##### *3.4.1. Comparativa de los programas en la definición del problema*

El HAP 4.40 de Carrier permite introducir de manera precisa las condiciones meteorológicas del emplazamiento para el que se realiza el cálculo de carga térmica, así como las coordenadas exactas del mismo, en caso de no tenerlas almacenadas en su base de datos.

El TRACE 700 en cambio, presenta más limitaciones a la hora de definir un emplazamiento concreto, puesto que en caso de no tenerlo almacenado en su base de datos, solo permite realizar variaciones de la temperatura seca y la temperatura húmeda de diseño, asemejando el resto de valores a alguno de los que posee en su base de datos, que presente características de ubicación similares.

En segundo lugar, en cuanto a la introducción de las características geométricas del edificio a acondicionar, el HAP 4.40 permite definir un número ilimitado de salas, pero encuentra limitaciones a la hora de definir las

particiones interiores del edificio, ya que solo permite introducir dos particiones por sala, mientras que el TRACE 700 presenta las ventajas de permitir definir más particiones, así como de crear una serie de plantillas con características como la iluminación o las cargas internas, que se pueden aplicar a otras salas posteriormente si tener que introducirlas de nuevo.

Sin embargo, pese a la limitación del primer programa, rara vez se da el caso en que una sala comunica con otras tres, cuyos requerimientos de diseño sean distintos para todas.

En cuanto a la definición de las características de la envolvente del edificio, el HAP 4.40 permite definir de manera muy precisa cada una de las capas que compondrán el muro o la cubierta del edificio, así como las características de las superficies acristaladas, de sus marcos, y de las puertas de acceso al edificio. Por su parte, el TRACE 700 permite también generar diferentes tipos de muros, pero solo permite seleccionar los materiales que formarán las capas, no ofreciendo la posibilidad de variar los grosores de las mismas a deseo del usuario. Lo mismo ocurre a la hora de definir las superficies acristaladas del edificio.

Por otro lado, en cuanto a la introducción de las condiciones interiores de diseño en cada uno de los programas, ambos ofrecen unas posibilidades muy similares, permitiendo definir las diferentes cargas existentes, así como los horarios en los que se dan.

#### *3.4.2. Comparativa de los programas en la selección del sistema de climatización*

A la hora de seleccionar el sistema de climatización más adecuado para el problema previamente definido, tanto el HAP 4.40 como el TRACE 700 poseen una amplia base de datos, con los sistemas habitualmente empleados en las soluciones de climatización de los edificios.

Sin embargo, el HAP 4.40 permite introducir más elementos adicionales que el TRACE 700, como puedan ser baterías de precalentamiento o humidificadores de aire. Por esta razón este programa permite ajustar más su solución a las necesidades de cada uno de los proyectos realizados.

En cambio, cuando se estudian aspectos económicos de los sistemas instalados, como su coste de utilización o el de amortización, el TRACE 700 ofrece mejores prestaciones, puesto que posee incluso información sobre tarifas eléctricas de diferentes compañías, que ayudan a conocer el sistema que resultará más barato. El HAP4.40 por su parte, es capaz de obtener los consumos de los motores de las diferentes máquinas utilizadas en los sistemas de climatización diseñados, o los consumos de agua, con lo que también es posible el cálculo de los aspectos económicos del sistema.

No obstante, la última parte del proyecto se centrará más en el diseño del sistema más adecuado que satisfaga las necesidades de un edificio eléctrico y administrativo de una central de ciclo combinado, que en el estudio del coste anual de utilización de dicho sistema.

#### *3.4.3. Comparativa de la presentación de resultados de ambos programas*

Tras definir el problema y seleccionar los sistemas de acondicionamiento de aire, ambos programas realizan las simulaciones de éstos, ofreciendo posteriormente los resultados obtenidos. Dichos resultados son muy similares para ambos programas, dado que el método utilizado para el cálculo de cargas es prácticamente el mismo en ambos.

El HAP 4.40 presenta sin embargo mejores características que el TRACE 700 a la hora de mostrar los resultados del cálculo, puesto que permite seleccionar exactamente los que se pretenden estudiar, así como la creación de diferentes informes y gráficos de cada uno de los aspectos a evaluar.



### 3.4.4. Cuadro comparativo de las ventajas e inconvenientes de cada programa

El siguiente cuadro muestra de forma resumida cada uno de los aspectos citados en los apartados anteriores, y será útil a la hora de seleccionar cual de los programas se emplea en la siguiente parte del proyecto.

		<b>HAP 4.40 de Carrier</b>	<b>TRACE 700 de TRANE</b>	<b>Más ventajoso</b>
<b>Definición del problema a solucionar</b>	<i>Condiciones Meteorológicas</i>	- Permite introducir condiciones particulares	- Sólo permite variaciones de temperatura seca y húmeda respecto a condiciones de emplazamientos de su base de datos	<b>HAP 4.40</b>
	<i>Geometría edificio</i>	- Limitaciones a la hora de definir particiones	- No limitadas las particiones y permite generar plantillas aplicables a otras salas	<b>TRACE 700</b>
	<i>Envolverte edificio</i>	- Gran libertad a la hora de elegir composición y grosores de las capas de muros	- Limitación a la hora de modificar características y grosores de los materiales	<b>HAP 4.40</b>
	<i>Condiciones Interiores</i>	- Posibilidad de seleccionar condiciones independientes para cada sala	- Posibilidad de seleccionar condiciones independientes para cada sala	-----
<b>Selección del sistema de climatización</b>	<i>Selección sistema general</i>	- Amplia base de datos con los sistemas más comunes	- Amplia base de datos con los sistemas más comunes	-----
	<i>Elementos adicionales</i>	- Mayor libertad de elección de elementos adicionales	- Limitación a los sistemas presentes en la base de datos	<b>HAP 4.40</b>
	<i>Aspectos económicos</i>	- Cálculo de consumos energéticos del sistema	- Posibilidad de selección de tarifas completas y cálculo económico más complejo	<b>TRACE 700</b>
<b>Entrega de resultados</b>	<i>Resultados del cálculo</i>	- Gran precisión de cálculo	- Gran precisión de cálculo	-----
	<i>Presentación de informes de resultados</i>	- Mayor libertad de selección de los datos a presentar	- Limitación en la generación de informes sobre aspectos concretos	<b>HAP 4.40</b>

Tabla 10: Comparativa de las prestaciones del HAP 4.40 y el TRACE 700

### *3.4.5. Conclusiones de la comparativa de los programas estudiados*

Finalmente, tras comparar las características de las dos herramientas informáticas para el cálculo de cargas térmicas estudiadas, se elige en función de los resultados el programa que resultará más adecuado utilizar para el diseño del sistema HVAC de un edificio.

Como se deduce de la tabla de la página anterior, el Hourly Analysis Program (HAP 4.40) de Carrier ofrece ventajas respecto al TRACE 700 en aspectos que resultan de gran importancia a la hora de realizar el diseño del sistema HVAC de un edificio. De estos aspectos, los que más influyen para inclinarse por el HAP 4.40 son los siguientes.

La posibilidad de definir las condiciones climatológicas específicas de una ubicación concreta, pese a no estar incluida en su base de datos, puesto que el sistema a diseñar es para un edificio que se encuentra en la ciudad de Riga, que no está en la base de datos de ninguno de los programas.

La capacidad de definir un tipo de envolvente concreto para dicho edificio, ya que los requerimientos especificadas por el cliente del proyecto son muy exhaustivos, dadas las condiciones climatológicas extremas que se dan en Riga, y que obligan a asegurar el buen aislamiento del edificio.

Por último, la amplia variedad de formas de presentación de informes que ofrece el HAP 4.40 hace mucho más comprensibles los resultados obtenidos facilitando su interpretación.

Por lo tanto, el programa que se va a emplear para llevar a cabo la última parte del presente proyecto es el Hourly Analysis Program (HAP) 4.40 de Carrier.

#### **4. DISEÑO DEL SISTEMA HVAC DEL EDIFICIO ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO**

El objeto de esta parte del proyecto es realizar los cálculos necesarios para el diseño de las instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado del edificio eléctrico de una central de generación eléctrica de tipo ciclo combinado.

Asimismo se pretende, una vez realizados los cálculos, seleccionar el sistema más adecuado para satisfacer los requerimientos del edificio de entre los disponibles en el mercado.

Para ello se realizarán los cálculos pertinentes con el fin de obtener el caudal de ventilación necesario para mantener una calidad del aire determinada en el interior del edificio.

Se garantizarán también los requisitos necesarios para mantener la temperatura en las diferentes salas del edificio dentro de unos determinados rangos especificados, bien por el cliente del proyecto, o bien por los estándares aplicables, garantizando que no se superan los límites de temperaturas específicos de cada componente de las instalaciones básicas y de soporte.

Se pretende igualmente mantener unas buenas condiciones de trabajo para las personas que desarrollen su actividad dentro del edificio considerado.

En función de los resultados obtenidos de los cálculos anteriores se diseñará el sistema HVAC más apropiado para esta instalación.

#### **4.1. Ubicación y descripción de la instalación**

La instalación consistirá en una central generadora de electricidad y agua caliente del tipo ciclo combinado, de turbina de gas y turbina de vapor, que utilizará gas natural como combustible.

La configuración de este ciclo es del tipo multieje y consiste en una turbina de vapor, una turbina de gas y una caldera de recuperación de calor, disponiéndose en el eje de cada una de las dos turbinas un generador eléctrico. La potencia eléctrica neta de la instalación será, aproximadamente, 400 MW.

La central de ciclo combinado se situará en terrenos adyacentes a la ciudad de Riga, capital de Letonia, y los sistemas se diseñarán en función de las condiciones ambientales de dicha ciudad, que se detallan más adelante. Dicha central consta de varios edificios que desempeñan funciones diferentes, algunos de los cuales se consideran edificios principales y otros secundarios o de apoyo. En el anexo A se puede observar un plano de disposición general de la central, en que se destaca el edificio eléctrico y de control.

El edificio más grande es el edificio de turbinas, en el cual los elementos más importantes que se albergan son la turbina de vapor y la de gas, la caldera de recuperación de calor, así como los generadores eléctricos y un sistema llamado District Heating, que se encargará de producir agua caliente para abastecer a la población de la ciudad de Riga.

Otro de los edificios principales es el edificio eléctrico y de control. Este es el edificio para el cual se diseñará el sistema de ventilación y climatización en el presente proyecto. Se ha elegido este edificio puesto que permite realizar un diseño completo, que requiere tanto sistemas de ventilación, como de calefacción y aire acondicionado, y en el cual existe presencia de personas.

A continuación se describen en detalle las características geométricas del edificio en cuestión.

#### **4.2. Descripción del edificio a acondicionar**

El edificio eléctrico de una central de ciclo combinado alberga una serie de salas destinadas a contener equipos eléctricos y electrónicos necesarios para el correcto funcionamiento de la central. Además alberga la planta de administración y control, que contiene habitaciones tales como oficinas.

En este caso se trata de un edificio con unas dimensiones aproximadas de 30 x 25 metros, que cuenta con diferentes elevaciones.

En la elevación el. +0000mm, pueden encontrarse las siguientes salas:

- Sala de cables: Presenta un área aproximada de 560 metros cuadrados. Posee paredes en contacto con el exterior en todas las direcciones.
- Sala de baterías: Sala rectangular de 14 x 8 metros aproximadamente. Su superficie es de unos 112 metros cuadrados. Su pared norte se encuentra en contacto con el exterior.
- Laboratorio: Su superficie es de unos 40 metros cuadrados (5 x 8 metros) y su fachada norte también limita con el exterior.
- Oficina: Habitación rectangular de unos 3 x 5 metros (15 metros cuadrados de superficie), cuya pared norte limita con el exterior.
- Hall: Sala rectangular de 2,5 x 9 metros aproximadamente, (22 metros cuadrados), cuyas fachadas sur y este limitan con el exterior del edificio.

En la siguiente elevación, el +4000mm, se encuentran varias salas cuyas características son las siguientes:

- Sala eléctrica: De forma similar a la sala de cableado de la elevación el +0000mm esta sala presenta una superficie aproximada de 590 metros

cuadrados y con fachadas limitando con el exterior en todas las direcciones.

- Sala electrónica: Con planta rectangular, presenta unas dimensiones de unos 20 x 8 metros, con 160 metros cuadrados de superficie. Su pared norte está en contacto con el exterior.
- Hall: Sala rectangular de 2,5 x 8 metros aproximadamente, (20 metros cuadrados), cuyas fachadas sur y este limitan con el exterior del edificio.

La siguiente planta del edificio, ubicada en la el +9.000mm contiene las siguientes salas:

- Sala de control: Se trata de una sala rectangular de aproximadamente 10 x 6 metros, con una superficie de unos 60 metros cuadrados. Sus paredes norte y oeste limitan con el exterior.
- Sala de comunicaciones: Se trata de una pequeña sala rectangular de unos 27 metros cuadrados de superficie (4,5 X 6 metros), cuya pared norte está en contacto con el exterior.
- Oficina 1: Habitación rectangular de 4,8 x 6 metros, (aprox. 29 metros cuadrados).La fachada norte también limita con el exterior.
- Oficina 2: Habitación rectangular de 4 x 6 metros, (aprox. 24 metros cuadrados) cuya pared norte está en contacto con el exterior.
- Sala de reuniones: Sala rectangular de 6 x 6 metros aproximadamente (36 metros cuadrados), cuya fachada norte da al exterior.
- Sala de fumadores: Esta sala rectangular de unos 15,5 metros cuadrados (7,7 x 2 metros aprox.) su pared oeste da al exterior.

- Cantina: Pequeña sala rectangular de unos 7,7 x 3 metros (23 metros cuadrados aproximadamente), que se encuentra junto a la sala anterior y que también presenta su pared oeste limitando con el exterior.
- Sala técnica: Esta sala se encuentra en el centro del edificio, y por tanto no tiene ninguna de sus paredes limitando con el exterior. Es de planta rectangular de dimensiones aproximadas de 8 x 5 metros (40 metros cuadrados aproximadamente).
- Sala de equipamientos: Sala rectangular de unos 4 x 5 metros, (aproximadamente 20 metros cuadrados de superficie), y sin paredes que limiten con el exterior.
- Clínica médica: Sala de dimensiones aproximadas de 22,5 metros cuadrados, con una fachada, la sur, que da al exterior del edificio.
- Oficina técnica y archivo: Sala de planta rectangular, con una superficie aproximada de 255 metros cuadrados (15 x 17 metros), cuyas fachadas este y sur limitan con el exterior.
- Cuarto de limpieza: Se trata de una pequeña habitación de unos 22,5 metros cuadrados cuya pared oeste limita con el exterior.
- Vestuarios femeninos: Habitación de unos 20 metros cuadrados aproximadamente, cuya pared oeste limita con el exterior.
- Vestuarios masculinos: Habitación rectangular de 24 metros cuadrados aproximadamente), con su pared oeste en contacto con el exterior.
- WC femenino: Anexo a la sala anterior, se trata de una habitación de unos 10 metros cuadrados con su pared oeste limitando con el exterior.

- WC masculino: Anexo al vestuario masculino, se trata de una habitación de unos 10 metros cuadrados, cuya pared oeste también limita con el exterior.
- Aseo de la clínica médica: Ubicado en el interior de la sala anterior, y al que solo se puede acceder por ésta, presenta una superficie de unos 2,5 metros cuadrados y ninguna fachada en contacto con el exterior.
- Aseo del cuarto de limpieza: Adyacente a la habitación anterior, presenta una superficie de unos 3 metros cuadrados y ninguna fachada en contacto con el exterior.
- Hall: Sala rectangular de 3 x 8 metros aproximadamente, (24 metros cuadrados), cuyas fachadas sur y este limitan con el exterior del edificio.
- Pasillo: Tiene una superficie aproximada de 75 metros cuadrados y ninguna de sus fachadas limitan con el exterior.

Además de las salas anteriores, se encuentran dos escaleras en el edificio, una situada al este del mismo, y otra en la parte sur. Las dimensiones de los huecos de ambas escaleras son:

- Escalera este: presenta una superficie en planta de 3,7 x 5,1 metros aproximadamente, y recorre todo el edificio, hasta una altura de 15,5 metros.
- Escalera sur: Sus dimensiones aproximadas son 2,8 x 6 metros, con una altura de 15,5 metros.

Por último, en la elevación el +13.000mm, que corresponde a la cubierta del edificio, se encuentra la sala de los equipos de HVAC, de unos 2,5 metros de altura. En el anexo A puede verse un plano de disposición general del edificio.



#### **4.3. Condiciones exteriores de diseño**

El presente cálculo se lleva a cabo para las condiciones ambientales que tienen lugar en la ciudad de Riga, capital de Letonia.

El clima en esta zona es bastante extremo, con elevadas temperaturas durante la época estival y temperaturas muy por debajo de cero grados durante los meses de invierno.

Esto hace que el cálculo del sistema HVAC sea interesante, puesto que deben satisfacerse requisitos relacionados tanto con las temperaturas mínimas a mantener, como con las máximas, por ser la diferencia de temperaturas muy pronunciada.

Las condiciones exteriores de diseño para el presente proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Dato
Diseño verano TBS/HR :	32,5 °C / 35%
Diseño invierno TBS/HR :	-31 °C / 100%

*Tabla 11: Condiciones exteriores de diseño para la ciudad de Riga, Letonia*

Se aprecia que la diferencia entre las temperaturas de diseño en verano y en invierno es mayor de 60°C, con lo que será de gran importancia un diseño adecuado tanto de los sistemas de aire acondicionado como de los sistemas de calefacción en el edificio.

Estos valores de diseño se obtienen a través de datos proporcionados por el cliente del proyecto.

Los datos que se presentan en la siguiente tabla, relativos a las características de la ubicación de la ciudad de Riga han sido obtenidos del

ASHRAE Fundamentals, 2009, [Ref 2] para la localidad de Riga, Letonia. En el anexo F pueden consultarse con más detalle.

Latitud :	56,92 N
Longitud :	23,97 E
Altitud :	11 m
Presión atmosférica normal :	101,19 Pa
Rango diario :	10,2 °C

*Tabla 12: Datos geográficos y climáticos de la ciudad de Riga*

#### **4.4. Condiciones interiores de diseño**

Se deben tener en cuenta también las condiciones a mantener en el interior del edificio, que vienen especificadas por el cliente que solicita el diseño del sistema HVAC en cuestión.

Estas condiciones son diferentes en función de la sala a la que se refieran, dependiendo de si se trata de una sala que albergue equipos que requieran una especial refrigeración, o de si se trata de una sala en la que se prevea la presencia de personas desarrollando una actividad.

Las condiciones interiores de diseño para las diferentes salas del edificio eléctrico se muestran a continuación:

Zona	Tmax / Tmin	Ventilación mínima	Nota
- Sala de cables	40°C/7°C		
- Sala de baterías	32°C /17° C	10 RPH	
- Laboratorio	26°C/21°C	10 RPH	
- Oficina (el. + 0000 mm)			
- Sala electrónica	26°C/20°C		
- Sala eléctrica	35°C/15°C		Extracción de humos
- Sala de reuniones	26°C/21°C		

Zona	Tmax / Tmin	Ventilación mínima	Nota
- Oficina 1 (el. + 9.000 mm)	26°C/21°C		
- Oficina 2 (el. + 9.000 mm)			
- Sala de comunicaciones			
- Sala de control			
- Sala de fumadores			
- Cantina			
- Vestuarios femeninos		10 RPH	
- Vestuarios masculinos			
- Sala de útiles de limpieza			
- Clínica médica			
- Sala de equipamientos			
- Sala técnica			
- Oficina técnica y archivo			
- Pasillo			
- Aseos	No controlada	10 RPH	
- Escaleras de acceso	40°C/7°C		Extracción de humos
- Halls de acceso a plantas			
- Sala de equipos de HVAC	No controlada	4 RPH	

*Tabla 13: Condiciones interiores de diseño del proyecto*

Se aprecia que deben considerarse unos requisitos de ventilación mínima en ciertas salas, que garanticen la elevada calidad del aire interior mediante un determinado número de renovaciones cada hora.

Igualmente, en ciertas salas se debe garantizar la capacidad de extracción de humos en caso de ocurrir un incendio, especialmente en las rutas de salida para las personas como los halls o las escaleras.

Por tanto, existen unas condiciones mínimas a garantizar tanto para los sistemas de aire acondicionado y calefacción, como para el sistema de ventilación del edificio.

El cálculo de cada uno de los tres sistemas se lleva a cabo por separado en el presente proyecto.

#### **4.5. Cálculo de los sistemas de aire acondicionado**

Los sistemas de aire acondicionado se encargan del mantenimiento de las condiciones ambientales en los edificios de la central para el correcto funcionamiento de los equipos así como para la habitabilidad del personal. El cálculo de aire acondicionado se realizará mediante el programa de análisis de cargas térmicas Hourly Analysis Program, versión 4.40, de Carrier.

Basándose en los datos introducidos en el programa de cálculo, correspondientes a modelización geométrica y estructural, condiciones interiores y exteriores de diseño y cargas internas, éste genera el perfil climático de la zona y determina el instante en que se producen las condiciones más desfavorables para el cálculo de refrigeración.

Además se realizará una comprobación manual del caudal de extracción de la sala de baterías, que sea, como mínimo, el necesario para garantizar en esta sala que la concentración de hidrógeno no supere el 1% en volumen, asegurando así la no existencia de una atmósfera explosiva (ATEX).

##### *4.5.1. Definición de espacios y zonas a acondicionar*

De acuerdo a la descripción del edificio realizada en el apartado 4.2 y en función de los requisitos de temperatura interior establecidos en el apartado 4.4 se determinan a continuación los espacios a acondicionar:

Salas de la planta baja	Dimensiones				
	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
- Laboratorio	5	8	4	40	160
- Oficina (el. + 0000 mm)	3	5	4	15	60

*Tabla 14: Salas de la planta baja del edificio*

Salas eléctricas	Dimensiones				
	Largo [m]	Ancho m]	Alto [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
- Sala de baterías	14	8	4	112	448
- Sala electrónica	20	8	4	160	640
- Sala eléctrica	--	--	4	590	2.360

*Tabla 15: Salas eléctricas del edificio*

Planta de control	Dimensiones				
	Largo [m]	Ancho m]	Alto [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
- Sala de control	10	6	4	60	240
- Sala de comunicaciones	4,5	6	4	27	108
- Oficina 1	4,8	6	4	29	116
- Oficina 2	4	6	4	24	96
- Sala de reuniones	6	6	4	36	144
- Sala de fumadores	7,7	2	4	15,5	62
- Cantina	7,7	3	4	23	92
- Sala técnica	5	8	4	40	160
- Oficina técnica y archivo	15	17	4	255	1.020
- Sala de equipamientos	5	4	4	20	80
- Consultorio médico	5	4,5	4	22,5	90
- Sala de útiles de limpieza	7,7	3,3	4	22,5	90
- Pasillo	--	--	4	75	300
- Vestuarios femeninos	4,5	4,5	4	20	80
- Vestuarios masculinos	4,5	5,4	4	24	96

*Tabla 16: Salas acondicionadas de la planta de control*

#### 4.5.2. Criterios de diseño e hipótesis consideradas

Se definen a continuación los criterios de diseño empleados para estimar las cargas internas existentes en las salas anteriormente descritas, debidas a la ocupación de personas y a la iluminación.

Asimismo se especifican las hipótesis consideradas al estimar la carga térmica debida a los equipos y maquinaria existentes en el interior de ellas.

#### 4.5.2.1. Cargas internas

De acuerdo a datos obtenidos de proyectos de similares características, que se muestran en el anexo C, se establece una disposición de equipos y componentes eléctricos y de instrumentación y control tal que la disipación de carga térmica en el interior de las salas a acondicionar es la siguiente.

*Salas eléctricas:*

Sala	Carga Equipos [W]	Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]
Sala de baterías	25.200	7,5
Sala de electrónica	10.500	10
Sala eléctrica	106.100	10

*Tabla 17: Cargas debidas a equipos en las salas eléctricas del edificio*

*Salas de la planta de control y resto de salas del edificio:*

Sala	Carga Equipos [W]	Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]
Laboratorio (el +0000mm)	4.200	20
Oficina (el +0000mm)	2.300	20
Sala de comunicaciones	5.600	20
Sala de control	13.100	20
Sala de reuniones	3.300	20
Oficina 1 (el. + 9.000 mm)	2.300	20
Oficina 2 (el. + 9.000 mm)	2.300	20
Sala de fumadores	3.000	20
Cantina	5.000	20
Vestuarios femeninos	0	20
Vestuarios masculinos	0	20
Sala de útiles de limpieza	0	20
Clínica médica	2.300	20
Sala de equipamientos	2.300	20
Sala técnica	7.200	20
Oficina técnica y archivo	28.600	20

Sala	Carga Equipos [W]	Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]
Pasillo	0	20
Aseos	0	20
Halls	0	20
Escaleras	0	20

Tabla 18: Cargas debidas a equipos en planta de control y resto de salas

#### 4.5.2.2. Cargas por ocupación

Además de las cargas internas y por iluminación, se consideran las cargas debidas a ocupación. Para ello, se toman los siguientes valores para la disipación de carga sensible y latente debida a una persona, obtenidos del programa HAP 4.40 de Carrier, valores similares a los proporcionados por el RITE [Ref 1].

Carga sensible por persona en situación de trabajo oficina:	<b>71,8 W</b>
Carga latente por persona en situación de trabajo oficina:	<b>60,1 W</b>
Carga sensible por persona en reposo:	<b>67,4 W</b>
Carga latente por persona en reposo:	<b>35,2 W</b>

Conocido el valor de la carga disipada por cada persona, es necesario estimar el número de personas que habrá en cada una de las salas del edificio considerado.

Para las salas en que se conoce el número exacto de puestos de trabajo que albergarán se considera directamente dicho número. Estas son la sala de oficina técnica, que albergará los puestos de 25 personas, y las definidas como salas eléctricas, que a efectos de cálculo se consideran desocupadas.

Para el resto de salas se estima la ocupación de acuerdo a los datos proporcionados por la ASHRAE [Ref 2], para edificios de oficinas. La tabla siguiente muestra el criterio especificado por dicho organismo.

Sala	Ocupación [personas / 100m <sup>2</sup> ]
Oficinas / sala de control	5
Salas de reuniones	25
Pasillo	0
Áreas de descanso	22

Tabla 19: Criterios de ocupación de salas, según ASHRAE

Por tanto, la ocupación considerada en el presente proyecto para las salas del edificio eléctrico y de control es la que se muestra a continuación:

Sala	Área [m <sup>2</sup> ]	Ocupación [personas]
<b>Salas el. +0.000mm</b>		
Oficina	15	1
Laboratorio	40	3
<b>Salas eléctricas</b>		
Sala de baterías	112	0
Sala eléctrica	590	0
Sala electrónica	160	0
<b>Planta de control</b>		
Sala de control	60	4
Sala de comunicaciones	27	2
Oficina 1	29	2
Oficina 2	24	2
Sala de reuniones	36	9
Sala de fumadores	15,5	4
Cantina	23	6
Sala técnica	40	2
Oficina técnica y archivo	255	25
Sala de equipamientos	20	2
Consultorio médico	22,5	1
Sala de útiles de limpieza	22,5	2
Vestuarios femeninos	20	5
Vestuarios masculinos	24	5
Pasillo	75	0

Tabla 20: Ocupación de las salas del edificio



#### 4.5.2.3. Cargas debidas a infiltraciones

Debido a las condiciones ambientales extremas que se dan en el emplazamiento del proyecto, el edificio será construido con un alto grado de aislamiento. Por este motivo se considera según lo especificado por el programa de cálculo de cargas que el nivel de infiltraciones para todas las salas del edificio equivale a 0,25 renovaciones/hora (RPH), considerando una construcción precisa de los cerramientos.

#### 4.5.2.4. Cargas debidas a ventilación

##### *Criterio general para salas acondicionadas*

El código de diseño ASHRAE [Ref 3] establece las siguientes tasas de renovación de aire mínimas para los distintos tipos de salas acondicionadas:

Sala	Criterio	
	m <sup>3</sup> /h/persona	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Salas control / oficinas	30,6	1,1

*Tabla 21: Criterio de ventilación según ASHRAE*

Además, por requerimientos concretos de este proyecto, el cliente establece en su especificación el requisito mínimo de caudal de aire exterior para algunas de las salas, mostrado en la siguiente tabla.

Sala	RPH
Sala de baterías	10
Laboratorio	10
Vestuario femenino	10
Vestuario masculino	10
Sala de fumadores	10

*Tabla 22: Criterio de ventilación específico del cliente*

Se realiza un primer cálculo del caudal requerido por carga térmica con un caudal de aire exterior determinado según los valores de la tabla 21 y

posteriormente se verifica si cumple con el requisito del cliente. En caso de no cumplirse, se realizará un nuevo cálculo del sistema aumentando los caudales de aire exterior.

Por último, se comprobará que el caudal de ventilación equivale a un mínimo de 1 renovación/hora (RPH) para cada sala, aumentándolo hasta dicho valor en caso de ser inferior.

#### 4.5.2.5. Criterio para la sala de baterías

La sala de baterías presenta unas características especiales, que requieren que sea considerada por separado. En ella se albergan las diferentes baterías que garantizan el suministro de corriente en caso de que el sistema principal de alimentación de la planta falle.

Durante la carga de dichas baterías, se producen fugas de hidrógeno al ambiente de la sala. Una concentración excesiva de dicho gas puede dar lugar a la creación de una atmósfera explosiva (ATEX), lo cual debe evitarse.

Para ello debe garantizarse que la concentración de hidrógeno en el interior de la sala de baterías se mantenga en valores inferiores al 1%, así como que el aire de dicha sala no llegue a otras, lo cual implica que no puede ser recirculado, y que se requerirá un sistema de extracción específico para la sala de baterías.

El caudal máximo de hidrógeno desprendido durante la carga de una batería viene especificado en las características técnicas de la misma y equivale a 3,45 m<sup>3</sup>/h.

Considerando muy conservadoramente la carga simultánea de las dos baterías existentes en la sala se obtiene un caudal máximo de hidrógeno desprendido de  $3,45 \times 2 = 6,9$  m<sup>3</sup>/h.

Para mantener una concentración de hidrógeno inferior al 1% en la sala, el caudal mínimo de aire de ventilación viene dado por la siguiente expresión:

$$C = \frac{V_H}{Q_T} \times 100 \rightarrow Q_T \text{ (m}^3/\text{h)} = \frac{V_H}{C} \times 100 \quad [\text{Ec } 16]$$

donde:

C es la concentración máxima admisible de hidrógeno (%)

$V_H$  el caudal de hidrógeno en sala ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$Q_T$  el caudal total ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Por tanto:

$$Q_T = \frac{100 \times 6,9}{1} = 690 \text{ m}^3/\text{h} \quad [\text{Ec } 17]$$

Quedando finalmente el caudal total de aire a evacuar de la sala para garantizar que no se supera en ningún caso la concentración del 1% de hidrógeno en la sala como:

$$Q = Q_T - V_H = 690 - 6,9 = 683,1 \text{ m}^3/\text{h} \quad [\text{Ec } 18]$$

Donde Q es el caudal mínimo aire de extracción ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Se tomará para esta sala el criterio más conservador entre el caudal anteriormente calculado y el que garantiza el requisito de las 10 renovaciones/hora especificado por el cliente.

#### 4.5.3. Características de la envolvente del edificio

Dadas las condiciones especificadas por el cliente, que fijan los valores máximos admisibles para el coeficiente global de transmisión de calor en

paredes exteriores y cubierta, se modelan mediante el programa empleado dichos muros, de modo que la simulación realizada posteriormente ofrezca unos resultados lo más ajustados posibles a la realidad.

Los valores máximos fijados para el coeficiente global de transmisión de calor especificados por el cliente son:

Paredes exteriores:  $U=0,35W/m^2K$

Cubierta del edificio:  $U=0,25W/m^2K$

Las características de los cerramientos creados con el programa se muestran en las siguientes tablas.

#### Muro exterior

##### Características de la pared

Color superficie exterior ..... Medio  
Valor de U global ..... **0,348** W/(m<sup>2</sup>·°K)

##### Detalle de las capas (Interior a exterior)

Capas	Grosor mm	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg · °K)	Resistencia (m <sup>2</sup> ·°K)/W	Peso kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Gypsum board	25,000	800,9	1,09	0,15532	20,0
RSI-1.2 board insulation	35,000	32,0	0,92	1,68522	1,1
LW concrete block	275,000	608,7	0,84	0,72224	167,4
Face brick	175,000	2002,3	0,92	0,13132	350,4
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
<b>Total</b>	<b>510,000</b>	-		<b>2,87338</b>	<b>538,9</b>

Tabla 23: Características de las paredes exteriores del edificio

#### Muro medianero

##### Características de la pared

Color superficie ..... Medio  
Valor de U global ..... **0,613** W/(m<sup>2</sup>·°K)

##### Detalle de las capas (Interior a exterior)

Capas	Grosor mm	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg · °K)	Resistencia (m <sup>2</sup> ·°K)/W	Peso kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Gypsum board	30,000	800,9	1,09	0,12426	16,0
RSI-1.2 board insulation	25,000	32,0	0,92	1,20373	0,8
Gypsum board	30,000	800,9	1,09	0,12426	16,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
<b>Total</b>	<b>65,000</b>	-		<b>1,63153</b>	<b>32,8</b>

Tabla 24: Características de las paredes interiores del edificio

**Cubierta****Detalles de la cubierta**

Color superficie exterior ..... **Oscuro**  
 Valor de U global ..... **0,249** W/(m<sup>2</sup>·°K)

**Detalle de las capas (Interior a exterior)**

Capas	Grosor mm	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg · °K)	Resistencia (m <sup>2</sup> ·°K)/W	Peso kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Steel deck	0,853	7833,0	0,50	0,00002	6,7
Board insulation	77,000	32,0	0,92	3,70748	2,5
Built-up roofing	20,000	1121,3	1,47	0,12293	22,4
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
<b>Totals</b>	<b>97,853</b>	<b>-</b>		<b>4,00970</b>	<b>31,6</b>

*Tabla 25: Características de la cubierta del edificio***Ventana****Características de las ventanas:**

Altura	1,52 m
Anchura	1 m
Valor de U global	3,339 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Coeficiente de marco	0,811

*Tabla 26: Características de las ventanas del edificio***Puertas****Características de las puertas**

Superficie total	2 m <sup>2</sup>
Valor de U global	1,703 W/(m <sup>2</sup> ·K)

*Tabla 27: Características de las puertas del edificio*

En resumen, el coeficiente global de transferencia de calor,  $U$  (W/m<sup>2</sup>K), que se ha considerado para las diferentes partes que conforman la envolvente del edificio es:

Muro exterior [W/ m <sup>2</sup> °K]	Muro interior [W/ m <sup>2</sup> °K]	Forjado terreno [W/ m <sup>2</sup> °K]	Forjado entreplantas [W/ m <sup>2</sup> °K]	Cubierta [W/ m <sup>2</sup> °K]	Ventanas [W/ m <sup>2</sup> °K]
0,348	0,613	1,5	1,5	0,249	3,339

*Tabla 28: Resumen de características de la envolvente del edificio*

Una vez definidas las condiciones para las que se realizará el cálculo de la carga térmica en las diferentes salas, éstas son introducidas en el programa

Hourly Analysis Program (HAP) 4.40 al igual que las características de las salas del edificio descritas en el apartado 4.2.

Para poder observar fácilmente las características de cada sala y garantizar que se introducen adecuadamente los datos en el programa se crean una serie de tablas en las que se representan todos los parámetros que deben considerarse. A modo de ejemplo, algunas de estas tablas de salas del edificio se pueden consultar en el anexo D.

Posteriormente se simula la situación en el programa y se obtienen los resultados de carga térmica y de caudal de aire requeridos para el edificio.

#### 4.5.4. Resumen de los resultados de carga térmica obtenidos.

A continuación se muestran unas tablas que resumen los resultados obtenidos tras la simulación del programa. Éstas contienen los valores de potencia de refrigeración necesaria para cada una de las salas, así como el caudal de aire a circular para satisfacer dicha necesidad.

Tras comprobar cual de los requisitos anteriormente especificados es el más restrictivo para cada sala, se ajustan los caudales de ventilación para adaptarse a ellos.

- Salas de la elevación +0000mm:

SALA	ÁREA	OCUP	VOL	Caudal requerido <sup>(1)</sup>	Criterios				Ajuste Caudal aire exterior
					ASHRAE		Criterio 10% aire ref.	Mín 1 RPH (10 RPH Laboratorio)	
					30,6 m³/h/per	1,1 m³/h/m²			
	[m²]	Pers.	[m³]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]
Laboratorio	40	3	160	2.340	91,8	44	234	<b>1.600</b>	1.600
Oficina	15	1	60	1.080	30,6	16,5	<b>110</b>	60	110

Tabla 29: Resumen de resultados para las salas de la elevación el +0000

## - Salas eléctricas:

SALA	ÁREA	OCUP	VOL	Caudal Requerido (1)	Criterios				Ajuste Caudal aire ventilación
					ASHRAE		Criterio 10% aire impulsado	Mín 1 RPH (10 RPH S.batería)	
					30,6 m³/h/per	1,1 m³/h/m²			
	[m²]	Pers.	[m³]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]
Baterías	112	0	448	4.800	0	123,2	480	4.480	4.800
Eléctrica	590	0	2.360	18.758	0	649	1.876	2.360	2.400
Electrónica	160	0	640	4.292	0	176	430	640	700
Total				27.850					7.900

Tabla 30: Resumen de resultados para las salas eléctricas

## - Planta de control:

SALA	ÁREA	OCUP	VOL	Requisitos refrigeración		Criterios				Ajuste Caudal aire exterior
						ASHRAE		Criterio 10% aire refrigeración	Min 1 RPH (10 RPH Sala fumadores)	
				Pot.	Caudal <sup>(1)</sup>	30,6 m³/h/per	1,1 m³/h/m²			
	[m²]	Pers.	[m³]	[kW]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]
Control	60	4	240	17,3	5.239	122,4	67,43	524	240	550
Comunicaciones	27	2	108	6,7	2.029	61,2	29,37	203	108	250
Oficina 1	29	2	116	3,5	1.060	61,2	31,35	106	116	150
Oficina 2	24	2	96	3,3	999	61,2	27,5	100	96	100
Reuniones	36	9	144	5	1.514	275,4	35,75	151	144	300
Fumadores	15,5	4	62	3	908	122,4	16,94	91	620	650
Cantina	23	6	92	6,9	2.089	183,6	25,85	209	92	250
Técnica	40	2	160	9	2.725	61	38,83	272	160	300
Oficina técnica	255	13	1.020	44,1	13.354	397,8	279,4	1.335	1.020	1.350
Equipamientos	20	2	80	3,3	999	61	25,52	100	80	100
Consultorio	22,5	1	90	3,4	1.030	30,6	20,68	103	90	150 <sup>(2)</sup>
Limpieza	22,5	2	90	1,7	515	61,2	24,75	51	90	100
Pasillo	75	0	300	2,9	878	0	82,5	88	300	300
Vestuario Fem	20	5	80	0,6	182	153	26,51	17	80	400 <sup>(3)</sup>
Vestuario Max	24	0	96	0,8	242	153	33,11	24	96	400 <sup>(3)</sup>
TOTAL										5.350

Tabla 31: Resumen de resultados para las salas de la planta de control

- (1) El caudal de refrigeración se obtiene de los datos de potencia de refrigeración requerida para cada sala obtenidos con el programa HAP 4.40 y aplicando la ecuación siguiente:

$$\dot{V} = \frac{Q \times 860}{\rho \times C_p \times \Delta T} \quad [Ec\ 19]$$

donde:  $\dot{V}$  = Caudal de refrigeración [ $m^3/h$ ]

$Q$  = Potencia de refrigeración [kW]

$\rho$  = Densidad aire [ $kg/m^3$ ] (T:16°C; HR:90%) = 1,16 [ $kg/m^3$ ]

$C_p$  = Calor específico del aire [kcal/kg°C] (T:16°C; HR:90%) = 0,245 [kcal/kg°C]

$C = \rho \times C_p = 1,16 \times 0,245 = 0,284$  [kcal/ $m^3$ °C]

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura sala (26°C) y temperatura de impulsión (16°C) = 10°C

- (2) El caudal de ventilación del consultorio médico se determina en función de las necesidades de ventilación de su aseo.
- (3) El caudal de ventilación de los vestuarios se determina en función de las necesidades de ventilación de sus aseos correspondientes.

Conocida la potencia de refrigeración necesaria para cada sala, así como los caudales de aire de ventilación que se fijarán para las mismas, se seleccionan en el programa los sistemas que se creen más adecuados para satisfacer las necesidades del edificio. Tras hacerlo, se simula su funcionamiento en el programa y se obtiene la capacidad que debe tener cada máquina. A continuación se detalla el funcionamiento de los equipos elegidos para el edificio.

#### 4.5.5. Definición de equipos para el sistema de aire acondicionado

Para el cálculo de las salas acondicionadas del edificio, se establecen los siguientes equipos para cada una de las zonas:

- Salas de la elevación +0000mm (laboratorio y oficina)

Este sistema servirá para satisfacer los requisitos del laboratorio y la oficina ubicados en la elevación +0000 mm del edificio.

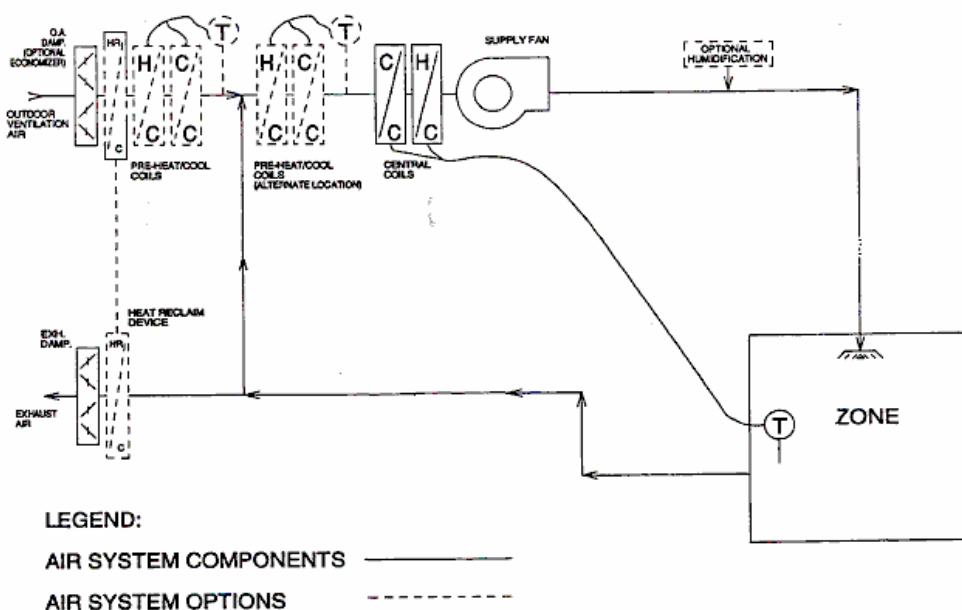
Al ser un sistema de acondicionamiento de aire de poca potencia y al estar alejado del resto de sistemas de aire acondicionado que emplean agua, se opta por la instalación de unidades autónomas partidas, tipo split.



El cálculo de la potencia de las unidades se realizará fijando un caudal de impulsión. Este caudal será estimado a partir de los catálogos de fabricante, de modo que haya equipos disponibles que suministren la potencia frigorífica requerida con el caudal de impulsión establecido.

Se aprecia en los resultados ofrecidos por el HAP 4.40 que la humedad relativa resultante en estas salas será de alrededor del 45%, valor dentro del rango establecido por la ASHRAE [Ref 2], con lo que no será necesario instalar un humidificador.

La siguiente figura muestra el esquema de funcionamiento de este tipo de sistemas:



CAV Single Zone System Schematic

Figura 21: Esquema del equipo seleccionado para las salas de la elevación +0000mm

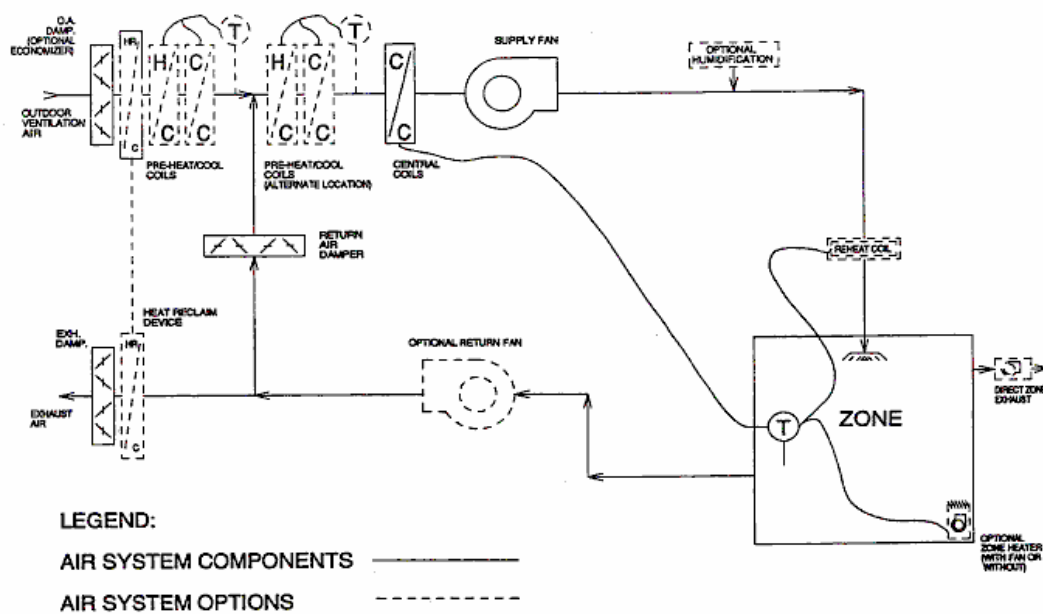
#### - Salas eléctricas

El sistema de acondicionamiento de las salas eléctricas utiliza una unidad climatizadora de caudal constante de aire, con batería de agua fría y

con sección de free-cooling, en la que mediante compuertas se regula la cantidad de aire que será recirculada desde el conducto de retorno.

Posee también filtros de aire para garantizar la calidad del aire impulsado y ventiladores centrífugos de impulsión y retorno, conjunto diseñado para intemperie. Cada sala cuenta con un calentador eléctrico de conducto. Por estar desocupadas estas salas no será necesario controlar la humedad relativa.

El esquema del equipo elegido se muestra en la siguiente figura.



CAV Terminal Reheat System Schematic

Figura 22: Esquema del equipo seleccionado para las salas eléctricas

#### - Planta de control

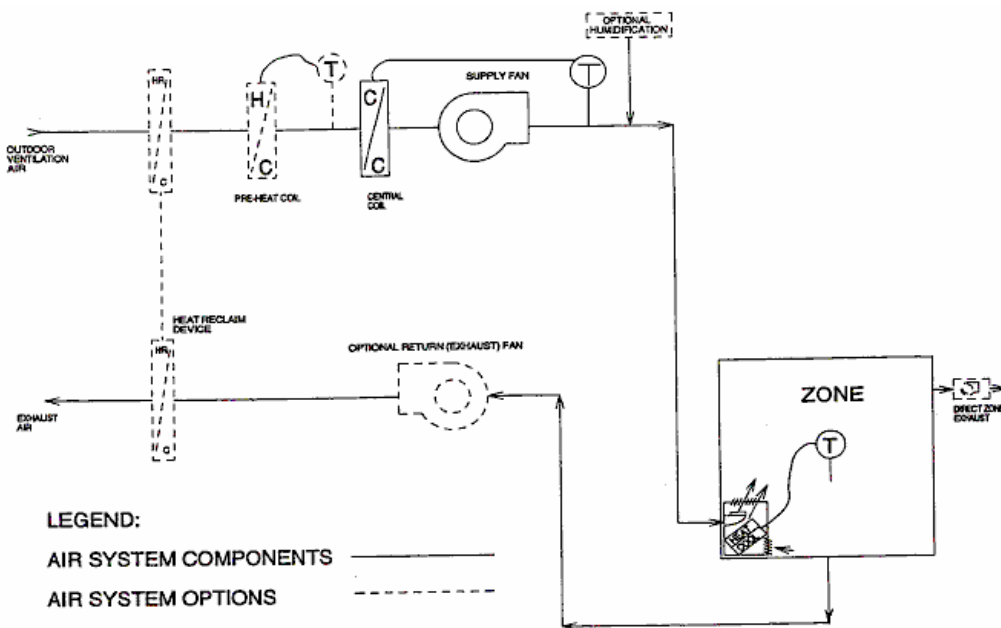
El sistema de la planta de control utiliza unidades climatizadoras, todo aire exterior, para el aporte de aire de ventilación, con secciones de baterías de agua fría y agua caliente, filtros de aire y ventiladores centrífugos de impulsión.

El acondicionamiento de temperatura en las salas se realiza mediante una red de fan-coils, consistentes en ventiladores centrífugos de recirculación y

baterías de agua fría y agua caliente. El aire primario es extraído a través de los aseos y de una red propia de extracción.

De nuevo se observa en los resultados del programa (anexo E) para esta planta que el valor de la humedad relativa será del 48% por lo que no será necesario instalar humidificadores en la unidad de tratamiento de aire.

El esquema del equipo seleccionado se observa a continuación.



CAV 4-Pipe Induction System Schematic

Figura 23: Esquema del equipo seleccionado para las salas de la planta de control

Con este sistema, solo se impulsa el aire mínimo necesario para garantizar los requisitos de ventilación establecidos, recirculando el resto, con lo que la potencia empleada en acondicionar el aire exterior se reduce considerablemente.

Conocidos los tipos de equipos seleccionados para todas las zonas del edificio, se simula cada uno de los sistemas para conocer la potencia que deben suministrar y elegir posteriormente de entre los catálogos de los principales fabricantes los equipos adecuados.

#### 4.5.6. Determinación de la potencia de refrigeración y calefacción, y selección de los sistemas de acondicionamiento de aire

A modo de ejemplo, algunas de las tablas con los valores obtenidos por el programa de cálculo utilizado se recogen en el anexo E.

A continuación se recoge un resumen de los resultados para cada una de las zonas establecidas.

##### - Laboratorio (el +0000 mm)

En el laboratorio de la planta baja se instalará una unidad tipo split, que satisfaga los resultados del cálculo realizado por el Hourly Analysis Program 4.40, que se recogen en la siguiente tabla.

Sala	Potencia Refrigeración		Potencia calefacción		Caudal impulsión	Caudal ventilación
	Total	Sensible	Precalentador	Unidad split		
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]		
Laboratorio	9,7	9,7	19,3	10,6	650	445

*Tabla 32: Resultados de la unidad Split del laboratorio*

Consultando catálogos de los principales fabricantes se selecciona un equipo con las características siguientes.

Sala	Identificación	Potencia		Tipo Unidad	Servicio
		Refrigeración	Calefacción		
		[kW]	[kW]		
Laboratorio	2SP02	13,4	15	Unidad split conducto	100%

*Tabla 33: Características de la unidad Split del laboratorio*

El cálculo de la unidad de precalentamiento se desarrolla en el apartado 4.6.2.4

En función de los resultados obtenidos se establecen los siguientes caudales de impulsión (aire recirculado) y de aire exterior (ventilación).

Sala	Caudales	
	Impulsión	Ventilación
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Laboratorio	2.340	1.600

Tabla 34: Distribución de caudales de impulsión y ventilación en el laboratorio

El sistema completo para esta sala consiste en una unidad de impulsión de aire exterior, formada por una batería de agua caliente, filtros de aire y un ventilador centrífugo, y una unidad tipo split con bomba de calor, que acondiciona el aire del interior de la sala.

#### - Oficina (el +0000mm)

En esta sala se instalará un sistema de iguales características al empleado para el laboratorio, que se adapte a los resultados obtenidos mediante el programa de cálculo de cargas, que se recogen en la tabla 35.

Sala	Potencia Refrigeración		Potencia calefacción		Caudal impulsión	Caudal ventilación
	Total	Sensible	Precalentador	Unidad split		
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]		
Oficina	3,7	3,7	0	3,2	300	30,5

Tabla 35: Resultados de la unidad Split de la oficina de la planta baja

Consultando de nuevo catálogos de los principales fabricantes se selecciona un equipo con las características mostradas a continuación.

Sala	Identificación	Potencia		Tipo Unidad	Servicio
		Refrigeración	Calefacción		
		[kW]	[kW]		
Oficina	2SP01	5,7	7	Unidad split conducto	100%

Tabla 36: Características de la unidad Split de la oficina de la planta baja

En función de los resultados obtenidos se establecen también para esta sala los caudales de impulsión y de aire exterior que se muestran en la tabla siguiente.

Sala	Caudales	
	Impulsión	Ventilación
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Oficina	1.080	110

Tabla 37: Distribución de caudales de impulsión y ventilación en oficina (el +0000)

Además de la unidad split con bomba de calor seleccionada, el sistema de esta sala comparte la unidad de impulsión con el laboratorio. Dicha unidad impulsará a cada sala el caudal instalado correspondiente y se define en el apartado 4.6.2.4.

### - Salas eléctricas

Los resultados proporcionados por el programa HAP 4.40 de Carrier para la potencia de refrigeración y los caudales de aire de la unidad climatizadora requerida en estas salas se resumen en la siguiente tabla:

Unidades	Pot. Ref.		Pot. Calef	Caudal	
	Total	Sensible		Impulsión	Ventilación
	[kW]	[kW]		[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Unidad climatizadora Roof-Top	180,1	177,6	178,3	27.850	7.900

Tabla 38: Resultados de la unidad climatizadora de las salas eléctricas

Asimismo, las potencias de calefacción requerida e instalada para los calentadores terminales de conducto de cada una de las salas son:

Unidades		Pot. Calef	Caudal Impulsión
		[kW]	[m <sup>3</sup> /h]
Unidades terminales	Baterías	5,2	4.800
	Eléctrica	24	18.760
	Electrónica	6,7	4.290

Tabla 39: Potencia de los calentadores terminales de las salas eléctricas

Por último, se muestra la distribución de los caudales de ventilación en cada una de las salas eléctricas antes de seleccionar un equipo concreto.

La siguiente tabla muestra la distribución de dichos caudales de ventilación, que se ven claramente en el P&ID del anexo B.

Sala	Caudales Requeridos		Caudales Instalados (P&ID)			
	Impulsión	Ventilación	Impulsión	Exfiltración	Recirculación	Extracción
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Sala de Baterías	4.779	4.799	4.800	--	--	<b>5.000</b>
Sala Eléctrica	18.760	2.401	19.000	500	18.500	<b>3.100</b>
Sala Electrónica	4.290	702	4.500	150	4.350	
<b>TOTALES</b>	<b>27.850</b>	<b>7.902</b>	<b>28.300</b>	<b>650</b>	<b>22.850</b>	<b>8.100</b>

*Tabla 40: Distribución de los caudales de ventilación de las salas eléctricas*

Una vez conocidas la potencia de refrigeración y de calefacción requeridas, así como los caudales de aire de ventilación fijados, se seleccionan los equipos que se van a instalar.

- *Unidad climatizadora:*

La unidad climatizadora instalada presenta las características que se recogen en la siguiente tabla:

Identificación	Potencia refrigeración		Potencia calefacción	Caudal		
	Total	Sensible	Total	Impulsión	Extracción	Recirculación
	[kW]	[kW]	[kW]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
1UT01/02 (2 x 100%)	190	185	185	28.300	3.100	22.850

*Tabla 41: Características de la unidad climatizadora de las salas eléctricas*

Por motivos de seguridad, se instalarán dos unidades, con el 100% de capacidad, una de ellas de reserva, de modo que se garantice el funcionamiento de los sistemas de ventilación en caso de fallo de una de las dos unidades.

### - Calentadores terminales de conducto

Las características de los calentadores terminales instalados en cada una de las salas eléctricas son:

Identificación	Sala	Potencia	Caudal	Servicio
		[kW]	[m <sup>3</sup> /h]	
1CA03	Sala de Baterías	6	4.800	1 x 100%
1CA02	Sala Eléctrica	24	19.000	1 x 100%
1CA01	Sala Electrónica	7	4.500	1 x 100%

*Tabla 42: Características de los calentadores terminales de las salas eléctricas*

### - Planta de control

Los valores de la potencia de refrigeración y calefacción necesaria para la unidad de tratamiento de aire de la planta de control proporcionados por el programa de cálculo de cargas son las siguientes:

Sala	Potencia Refrigeración		Potencia calefacción	Caudal impulsión
	Total	Sensible		
	[kW]	[kW]	[kW]	[m <sup>3</sup> /h]
Planta de Control	30	30	97,1	5.350

*Tabla 43: Resultados de la unidad climatizadora de la planta de control*

El caudal de impulsión que aparece es el que se fija considerando que el equipo solo funciona con aire exterior, y es también el que se empleará para dimensionar la unidad de climatización de estas salas.

Por otra parte, los resultados del HAP 4.40 para las unidades fan-coil de las salas de la planta de control se recogen en la tabla siguiente:

Sala	Carga enfriamiento [kW]	Carga calefacción [kW]	Pot. Refr. Instalada [kW]	Pot. Calef. Instalada [kW]
Sala de control	17,2	4,5	20	8
Sala de comunicaciones	6,5	1	8	2
Oficina 1 (el +9.000mm)	3,4	1,5	3,5	2



Sala	Carga enfriamiento [kW]	Carga calefacción [kW]	Pot. Refr. Instalada [kW]	Pot. Calef. Instalada [kW]
Oficina 2 (el +9.000mm)	3,4	1,4	3,5	2
Sala de reuniones	5	1,8	6	2
Sala de fumadores	2,9	0,6	3	1
Cantina	6,8	1,2	7	2
Sala técnica	8,9	1,1	9	2
Sala de equipamientos	3,4	0,8	3,5	1
Oficina técnica y archivo	44,1	13,7	45	15
Consultorio médico	3,5	1,2	3,5	2
Sala de limpieza	1,7	1,6	2	2
Pasillo	2,9	3	4	4
Vestuario femenino	0	1,4	0	4
Vestuario masculino	0	1,8	0	4

*Tabla 44: Resultados de las unidades fan-coil de la planta de control*

Por último, se observan a continuación los caudales de impulsión que se requiere introducir en cada una de las salas de la planta de control, (ver P&ID del anexo B) según los resultados del programa empleado.

Sala	Caudal Ventilación Requerido	Caudales Instalados (P&ID)		
		Impulsión	Exfiltración	Extracción
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Sala de control	550	550	150	400
Sala de comunicaciones	250	250	50	200
Oficina 1 (el +9.000mm)	150	150	25	125
Oficina 2 (el +9.000mm)	100	100	25	75
Sala de reuniones	300	300	50	250
Sala de fumadores	650	650	--	<b>700<sup>(1)</sup></b>
Cantina	250	250	50	200
Sala técnica	300	300	50	250
Sala de equipamientos	100	100	25	75
Oficina técnica y archivo	1.350	1.350	225	1.125
Clínica médica	150	150	150	--
Sala de limpieza	100	100	25	75
Pasillo	300	300	50	250
Vestuario femenino	400	400	450	--

Sala	Caudal Ventilación Requerido	Caudales Instalados (P&ID)		
		Impulsión	Exfiltración	Extracción
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Vestuario masculino	400	400	450	--
TOTAL		5.350		3.100 <sup>(2)</sup>

**Tabla 45: Resultados de los caudales de ventilación de la planta de control**

- <sup>(1)</sup> La extracción del caudal de ventilación de la sala de fumadores se realiza mediante un ventilador exclusivo, caudal del ventilador: 700 m<sup>3</sup>/h.
- <sup>(2)</sup> El caudal aquí representado es el correspondiente al ventilador de extracción común a todas las salas, excepto las que cuentan con un sistema de extracción independiente.

De nuevo, una vez conocidos todos los resultados anteriores, se dimensiona la unidad climatizadora que satisface los requisitos de la planta de control, cuyas características son las siguientes.

Identificación	Potencia Refrigeración		Potencia Calefacción	Caudal	Servicio
	Total	Sensible			
	[kW]	[kW]		[m <sup>3</sup> /h]	
3UT01/02 (2 x 100%)	35	35	100	5.350	2 x 100%

**Tabla 46: Características de la unidad climatizadora de la planta de control**

Se instalan también para esta planta dos unidades del 100% de capacidad, una de ellas en reserva. La distribución de las unidades fan-coil de las salas de la planta de control se observa en la tabla 47.

Sala	Identificación	Potencia Refrigeración	Potencia Calefacción
		[kW]	[kW]
Sala de control	3FC15/16/17/18	4 x 5	4 x 2
Sala de comunicaciones	3FC13/14	2 x 4	2 x 1
Oficina 1	3FC11	3,5	2
Oficina 2	3FC12	3,5	2
Sala de reuniones	3FC09/10	2 x 3	2 x 1
Sala de fumadores	3FC01	3	1
Cantina	3FC19	7	2
Sala técnica	3FC21/22	2 x 5	2 x 2
Sala de equipamientos	3FC23	3,5	1
Oficina técnica y archivo	3FC24/25/26/27/28	5 x 9	5 x 3

Sala	Identificación	Potencia Refrigeración	Potencia Calefacción
		[kW]	[kW]
Consultorio médico	3FC06	3,5	2
Sala de limpieza	3FC20	2	2
Pasillo	3FC07/08	2 x 2	2 x 2
Vestuario femenino	3FC02/03	0	2 x 2
Vestuario masculino	3FC04/05	0	2 x 2

*Tabla 47: Características del sistema de distribución de aire de la planta de control*

Para la extracción del aire, se utiliza un sistema consistente en un ventilador centrífugo con una capacidad de 3.100m<sup>3</sup>/h.

#### *4.5.7. Determinación de los equipos de alimentación de agua de refrigeración de los sistemas de climatización instalados.*

En este apartado se dimensionan y seleccionan los equipos que alimentarán con agua fría a los sistemas de acondicionamiento de aire instalados en las diferentes salas, es decir, a las baterías de enfriamiento de los fan-coils y de las unidades de tratamiento de aire.

Para las baterías de calefacción no es necesaria la adquisición de equipos de soporte, puesto que la planta genera agua caliente en su proceso, con lo que se puede alimentar a los equipos de HVAC con ese mismo agua.

A continuación se detalla la potencia de refrigeración total requerida para la instalación, para poder seleccionar el equipo adecuado.

- Potencia de refrigeración:

Unidades fan-coil:	119 kW
Unidades de tratamiento de aire:	225 kW
Potencia Total:	344 kW

Conocida la potencia de refrigeración que se requiere, se detallan a continuación los equipos de soporte que se van a instalar:

Para alimentar las UTAs de la planta de control y los fan-coils de todas las salas de esta planta excepto las de comunicación y control se instalarán dos unidades enfriadoras aire-agua, del 100% de capacidad, una de ellas en reserva, con una potencia de refrigeración de 135 kW.

Para las UTAs de las salas eléctricas y los fan-coils de las salas de comunicaciones y control se instalarán dos unidades enfriadoras aire-agua independientes de las anteriores, del 100% de capacidad, una de ellas en reserva, con una potencia de refrigeración de 227 kW. En el anexo B puede observarse un esquema del sistema de agua de refrigeración del edificio.

#### **4.6. Cálculo de los sistemas de ventilación y calefacción de salas no acondicionadas**

Una vez definido el sistema de aire acondicionado para las salas del edificio que lo requieren, a continuación se diseñan los equipos de las salas no acondicionadas.

Dentro de este capítulo se realizarán los cálculos correspondientes a los sistemas de ventilación. Estos sistemas están destinados a la evacuación del calor disipado al ambiente, y a mejorar las condiciones de trabajo para las personas, garantizando que no se superan los límites de temperaturas específicos de cada componente de las instalaciones básicas y de soporte.

Se consideraran los criterios de ventilación establecidos por el cliente en las especificaciones técnicas, así como la disposición de los distintos equipos, de modo que la entrada de aire a los edificios esté libre de contaminantes y sustancias que puedan producir riesgo de explosión.

Asimismo, en este apartado se realizarán los cálculos correspondientes a los sistemas de calefacción de las zonas ventiladas.

Estos sistemas están destinados al calentamiento del aire en invierno para mejorar las condiciones de trabajo para las personas y garantizando que no entre aire exterior a una temperatura que suponga riesgo de congelación de equipos.

#### *4.6.1. Definición de las zonas ventiladas del edificio eléctrico y de control*

Los sistemas de ventilación a diseñar para el edificio eléctrico y de control son los siguientes:

- Sistema de ventilación de la sala de cables
- Sistemas de aporte de aire primario a salas de el. +0.000mm
- Sistemas de extracción:
  - Laboratorio
  - Sala de baterías
  - Sala de fumadores
  - Aseos
- Sistema de ventilación de las escaleras:
  - Escalera este
  - Escalera sur
- Sala de equipos de HVAC

#### *4.6.2. Cálculo de los caudales de ventilación requeridos por zona:*

El caudal de aire interior mínimo de ventilación se calculará sobre la base de uno de los siguientes criterios:

### - Carga térmica

Se utilizará este método en las zonas donde el nivel de carga térmica sea importante.

Para calcular el caudal de aire necesario, se empleará la fórmula:

$$\dot{V} = \frac{Q}{C \cdot \Delta T} \quad [Ec\ 20]$$

Donde:

Q es la carga térmica [kcal/h]

V el caudal de aire [m<sup>3</sup>/h]

$C = C_p$  [Calor específico del aire [kcal/kg °C]] x  $\rho$  [densidad del aire [kg/m<sup>3</sup>]]

$\Delta T$  es la diferencia de temperaturas del aire [°C];

Con una temperatura máxima para ventilación de 40 °C y con una temperatura seca exterior de diseño de 32,5 °C se obtienen los siguientes valores:

Ventiladores de extracción:

$C_p = 0,25$  [kcal/kg °C] (TBS = 40°C; HR= 50%);

$\rho_{aire} = 1,086$  [kg/m<sup>3</sup>], (TBS = 40°C; HR= 50%),

$C = 0,25$  [kcal/kg°C] x  $1,086$  [kg/m<sup>3</sup>]  $\approx 0,27$  [kcal/°Cm<sup>3</sup>]

Ventiladores de impulsión:

$C_p = 0,24$  [kcal/kg °C] (TBS = 32,5°C; HR= 35%);

$\rho_{aire} = 1,135$  [kg/m<sup>3</sup>], (TBS = 32,5°C; HR= 35%),

$C = 0,24$  [kcal/kg°C] x  $1,135$  [kg/m<sup>3</sup>]  $\approx 0,28$  [kcal/°Cm<sup>3</sup>]

- Renovaciones por hora.

Se utilizará este método en las zonas donde el nivel de carga térmica sea despreciable.

La tasa de renovación de aire estará conforme a las especificaciones del cliente, las condiciones interiores para las salas no acondicionadas se muestran en la siguiente tabla.

Zona	Tmax / Tmin	Ventilación mínima	Nota
- Sala de cables	40°C/7°C		
- Aseos	No controlada	10 RPH	
- Escaleras de acceso	40°C/7°C		Extracción de humos
- Halls de acceso a plantas			
- Sala de equipos de HVAC	No controlada	4 RPH	

*Tabla 48: Condiciones interiores de diseño para las salas no acondicionadas*

#### 4.6.2.1. Criterios de diseño e hipótesis consideradas

Para el desarrollo del cálculo de la carga térmica en las salas ventiladas se han considerado las cargas cedidas al ambiente, debidas a equipos en el interior de las salas y a iluminación que se presentan en la siguiente tabla.

Sala	Carga Equipos [W]	Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]
Sala de cables	97.900	7,5
Halls	0	20
Escaleras	0	20
Aseos	0	20

*Tabla 49: Cargas térmicas en el interior de las salas ventiladas*

Una vez conocidas las cargas existentes en las salas, se procede a especificar el sistema de ventilación instalado en cada una de ellas.

#### 4.6.2.2. Definición del sistema de ventilación de la sala de cables

El caudal de extracción requerido en la sala de cables para mantener las condiciones máximas de temperatura, 40°C, se calcula según la expresión:

$$\dot{V} = \frac{Q}{C \cdot \Delta T} = \frac{97,9 \text{ kW} \cdot 860 \text{ kcal/h} / \text{kW}}{0,27 \text{ kcal/}^\circ\text{C m}^3 \times (40^\circ\text{C} - 32,5^\circ\text{C})} = 41.577 \text{ m}^3/\text{h} \quad [\text{Ec } 21]$$

Se instalarán tres ventiladores axiales del 50% de capacidad, uno de reserva, con un caudal nominal de **24.000 m<sup>3</sup>/h**, con una compuerta de gravedad, que extraerán el aire directamente al exterior.

El caudal necesario de ventilación se tomará del ambiente exterior. La entrada de aire a la sala se realiza a través de un conjunto compuesto por una rejilla de intemperie con aislamiento acústico y una compuerta de regulación y cierre. Considerando una velocidad de paso de 2 m/s se requiere la siguiente superficie:

$$S = \frac{(48.000 \text{ m}^3/\text{h} / 3.600 \text{ s/h})}{2 \text{ m/s}} = 6,7 \text{ m}^2 \quad [\text{Ec } 22]$$

Con lo que se instalará una superficie de rejillas de 6,7 metros cuadrados.

#### 4.6.2.3. Definición del sistema de calefacción de la sala de cables

Para el caso de la sala de cables, no será necesario un caudal mínimo de ventilación de modo que podrán permanecer todos los ventiladores parados cuando las condiciones climatológicas así lo requieran. Por ello, el caso más desfavorable para el cálculo del sistema de calefacción, será el caso de planta parada.

Para estimar la capacidad de calentamiento instalada, será necesario considerar las pérdidas por transmisiones a través de los cerramientos y las



perdidas por infiltraciones de aire. Dichas pérdidas se calculan con el programa HAP 4.40, y se obtiene un valor de 14,4kW. Los resultados de la simulación realizada por el programa se pueden consultar en el anexo E.

Se instalarán cinco aerotermos de tipo eléctrico, con una potencia de 3kW cada uno, con lo que la potencia de calefacción total instalada es de 15kW.

#### 4.6.2.4. Sistema de aporte de aire primario a las salas de la planta baja del edificio

El caudal de aporte de aire primario a estas salas viene dado por el criterio de renovación de aire expuesto en la tabla 48.

En este apartado se calculará la capacidad de la batería de calentamiento necesaria para este sistema de impulsión, 1.710 m<sup>3</sup>/h, que atempera el aire desde la condición de diseño de invierno hasta una temperatura mínima de 15°C, próxima a la de impulsión de la unidad Split.

La capacidad de calefacción viene dada por tanto por:

$$Q = \dot{m} \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T = \frac{1.710 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 0,35 \frac{\text{kcal}}{\text{°C} \cdot \text{m}^3} \cdot (15 + 31^\circ \text{C})}{860 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}} \approx 32 \text{ kW} \quad [\text{Ec } 23]$$

Se instalará una unidad de tratamiento de aire, del 100% de capacidad, consistente en un ventilador centrífugo de una capacidad de 1.710 m<sup>3</sup>/h, sección de filtración y una batería de calentamiento de agua caliente con una potencia de 35 kW.

A continuación, se definen los sistemas de extracción que se requieren para el edificio, tanto para salas ventiladas como para acondicionadas.

#### 4.6.2.5. Definición del sistema de extracción del laboratorio

Tal y como se indica en tabla 48, por criterio del cliente se establece un requisito de renovación de aire de 10 RPH.

Para mantener este criterio de ventilación se instalará un ventilador centrífugo del 100% de capacidad, con un caudal nominal de 1.600 m<sup>3</sup>/h, que extraerá el aire directamente al exterior.

#### 4.6.2.6. Definición del sistema de extracción sala de baterías

Por tener un criterio específico fue definida en el apartado 4.5.2.5, estableciéndose la necesidad de que exista una ventilación mínima equivalente a 4.480 m<sup>3</sup>/h. Conservadoramente se toma un caudal de ventilación de 5.000 m<sup>3</sup>/h.

En la sala de baterías se instalará por tanto un sistema de extracción consistente en dos ventiladores centrífugos, con una capacidad unitaria de 5.000 m<sup>3</sup>/h, del 100% de capacidad, uno de ellos en reserva.

#### 4.6.2.7. Definición del sistema de extracción de la sala de fumadores

El criterio de ventilación para la sala de fumadores se establece en 10 renovaciones por hora (RPH).

Se instalará por tanto en esta sala un ventilador centrífugo, del 100% de capacidad, de un caudal nominal de 700m<sup>3</sup>/h.

#### 4.6.2.8. Definición del sistema de ventilación de los aseos

La carga térmica en el interior de los aseos es despreciable y se considera por tanto el criterio de 10 renovaciones /hora especificado por el cliente del proyecto.

Los caudales requeridos e instalados para el sistema de ventilación de los aseos se muestran en la siguiente tabla:

Sala	Caudal ventilación	
	Requerido	Instalado
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Aseo sala limpieza	100	150
Aseo clínica médica	117	150
Aseo femenino	428,5	450
Aseo masculino	449	450

*Tabla 50: Caudal de ventilación en los aseos del edificio*

Se instalará un ventilador centrífugo de extracción, con una capacidad de 1.200 m<sup>3</sup>/h. No será necesario instalar rejillas para la entrada de aire, que se tomará de las salas adyacentes.

#### 4.6.2.9. Definición del sistema de ventilación y calefacción de las escaleras de acceso y los halls

Las escaleras de acceso al edificio y los diferentes halls de acceso a cada planta se ventilarán de modo que se garantice la no existencia de humos en su interior, presurizándolas, puesto que son vías de escape en caso de una posible emergencia por incendio.

Según el documento técnico de control de humos “Control del humo en los establecimientos de pública concurrencia, DT/CPI 1” [Ref 7], se establece un caudal de presurización de la escalera como el resultante del paso por una puerta abierta del caudal de aire de 0,5 m/s estando el resto cerradas.

Considerando una puerta de dimensiones 2m x 1m, como las que se definieron en el programa para la simulación, el caudal de presurización resulta de 3.600 m<sup>3</sup>/h.

### - Ventilación de la escalera este y los halls

Las dimensiones de la escalera este y los diferentes halls de cada elevación son:

Sala	Anchura [m]	Longitud [m]	Altura [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Hall (el +0000)	2,6	9,2	4	95,68
Hall (el +4000)	2,9	8,2	4	95,12
Hall (el +9000)	3	7,6	4	91,2
Hueco escaleras	5,1	3,7	15,5	292,5
<b>TOTAL</b>				<b>574,5</b>

Tabla 51: Dimensiones de la escalera este y los halls

El caudal de aire definido en el apartado anterior, 3.600 m<sup>3</sup>/h, corresponde a unas 6 RPH. Se mayorará este caudal de presurización a un mínimo de 10RPH: 5.800 m<sup>3</sup>/h

Se ventilará mediante la instalación de dos unidades de tratamiento de aire, del 100% de capacidad, una de reserva, compuestas por un ventilador de impulsión centrífugo, de 6.000 m<sup>3</sup>/h de caudal nominal. Las unidades se situarán en la parte superior del hueco de la escalera. El aire sale a través de las rejillas que se situarán en la zona inferior del hueco de la escalera. La superficie mínima de rejilla para el caudal del exterior se dimensiona según el criterio de fabricante, considerando una velocidad frontal del aire de 2 m/s.

$$S = \frac{(6.000 \text{ m}^3/\text{h} / 3.600 \text{ s/h})}{2 \text{ m/s}} = 0,83 \text{ m}^2 \quad [\text{Ec } 24]$$

Se instalarán rejillas con una superficie de 0,83 metros cuadrados.

Asimismo se comprueba que con este caudal se satisface la condición de máxima temperatura a mantener en esta zona, 40°C, puesto que según los datos obtenidos del HAP 4.40 (anexo E), el valor de la carga térmica debida a transmisiones e infiltraciones en verano es de 4,9 kW.

La potencia que se disipa en cambio con un caudal como el instalado, 6.000 m<sup>3</sup>/h, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T = \frac{6.000 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,28 \text{ kcal}/^\circ\text{C}\cdot\text{m}^3 \times (40^\circ\text{C} - 32,5^\circ\text{C})}{860 \text{ kcal}/\text{h}/\text{kW}} = 13,6 \text{ kW} \quad [\text{Ec } 25]$$

Con lo que se disipa la carga térmica que se da en verano.

#### - Calefacción de la escalera este y los halls

El cálculo de la capacidad de calefacción instalada en el hueco de la escalera se hace en función de los siguientes parámetros:

Capacidad requerida para el calentamiento del caudal de ventilación (6.000 m<sup>3</sup>/h) desde la condición de diseño de invierno (-31°C) hasta la temperatura mínima de 7°C de diseño de la sala.

$$Q = \dot{m} \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T = \frac{6.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,35 \text{ kcal}/^\circ\text{C}\cdot\text{m}^3 \cdot (7 + 31^\circ\text{C})}{860 \text{ kcal}/\text{h}} = 89,7 \text{ kW} \quad [\text{Ec } 26]$$

Capacidad requerida para vencer la carga generada por las transmisiones a través de los cerramientos y por el calentamiento del aire procedente de las infiltraciones. El valor de las transmisiones e infiltraciones en la zona se calcula también con el programa, siendo de 9,4 kW, (anexo E).

Se instalará por tanto una batería de calentamiento de 100kW de potencia nominal en el sistema de impulsión de estas escaleras.

#### - Ventilación de la escalera sur

Las dimensiones de la escalera sur son las mostradas en la tabla 52, que se presenta en la página siguiente.

Sala	Anchura [m]	Longitud [m]	Altura [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Hueco escaleras	6	2,8	15,5	260,4

*Tabla 52: Dimensiones de la escalera sur*

El caudal de aire mínimo definido de 3.600 m<sup>3</sup>/h corresponde a unas 14 RPH, valor suficientemente alto para garantizar la no entrada de humos en la sala.

Se ventilará mediante la instalación de dos unidades de tratamiento de aire, del 100% de capacidad, una de reserva, compuestas por un ventilador de impulsión centrífugo, de 3.600 m<sup>3</sup>/h de caudal nominal. Las unidades se situarán en la parte superior del hueco de la escalera. El aire sale a través de las rejillas que se situarán en la zona inferior del hueco de la escalera.

La superficie mínima de rejilla para el caudal del exterior se dimensiona de nuevo considerando una velocidad frontal del aire de 2 m/s, siendo la superficie a instalar la siguiente:

$$S = \frac{(3.600 \text{ m}^3/\text{h} / 3.600 \text{ s/h})}{2 \text{ m/s}} = 0,5 \text{ m}^2 \quad [\text{Ec } 27]$$

Se instalarán rejillas en una superficie de 0,5 metros cuadrados.

De nuevo se comprueba como con este caudal se satisface la condición de máxima temperatura a mantener en esta zona, 40°C, puesto que según los datos obtenidos del Hourly Analysis Program 4.40 (anexo E), el valor de la carga térmica debida a transmisiones e infiltraciones en verano es de 0,5 kW. Mientras que la potencia disipada con este caudal viene dada por:

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T = \frac{3.600 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,28 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^3 \times (40^\circ\text{C} - 32,5^\circ\text{C})}{860 \text{ kcal}/\text{h}/\text{kW}} = 8,5 \text{ kW} \quad [\text{Ec } 28]$$

### - Calefacción de la escalera sur

El cálculo de la capacidad de calefacción instalada en el hueco de la escalera se hace en función de los mismos parámetros que para la anterior

Capacidad requerida para el calentamiento del caudal de ventilación (3.600 m<sup>3</sup>/h) desde la condición de diseño de invierno (-31°C) hasta la temperatura mínima de 7°C de diseño de la sala, que viene dada por la expresión:

$$Q = \dot{m} \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T = \frac{3,600 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,35 \text{ kcal}/^\circ\text{C}\cdot\text{m}^3 \cdot (7 + 31^\circ \text{C})}{860 \text{ kcal}/\text{h}} = 55,7 \text{ kW} \quad [\text{Ec 29}]$$

Capacidad requerida para vencer la carga generada por las transmisiones a través de los cerramientos y por el calentamiento del aire procedente de las infiltraciones. El valor de las transmisiones e infiltraciones en la zona se calcula con el programa de cálculo de cargas empleado, siendo de 3,3 kW, (anexo E).

Se instalará una batería de agua caliente de 65 kW de potencia nominal en el sistema de impulsión de aire de estas escaleras.

#### 4.6.2.10. Definición del sistema de ventilación de la sala de equipos HVAC

Los equipos de los sistemas HVAC del edificio irán ubicados en la cubierta del mismo, protegidos de la intemperie. Según especificaciones del cliente se debe garantizar un nivel de renovaciones de aire en la sala de equipos de HVAC de 4 RPH.

Esto se conseguirá mediante ventilación natural, colocando una serie de rejillas en las paredes de la sala de modo que se satisfagan los requisitos necesarios.

Las dimensiones de la sala son las de toda la cubierta del edificio, con una altura de 2,5 metros, por tanto:

$$Volumen = 30m \cdot 25m \cdot 2,5m = 1.875m^3 \quad [Ec\ 30]$$

El caudal que se debe hacer circular por dicha sala se calcula como:

$$\dot{V}(m^3/h) = 1.875m^3 \cdot 4RPH = 7.500m^3/h \quad [Ec\ 31]$$

La velocidad de paso del aire a través de las rejillas en un sistema de ventilación natural se estima en 0,5 m/s [Ref 2].

La superficie de rejillas a instalar en las paredes de la sala es por tanto:

$$S = \frac{(3.600\ m^3/h / 3.600\ s/h)}{0,5\ m/s} = 4,17m^2 \quad [Ec\ 32]$$

Se instalarán rejillas de entrada ubicadas en la parte inferior de la fachada de esta sala con un área de unos 4,17 m<sup>2</sup> y rejillas de salida con la misma superficie en la parte superior de la fachada.

#### **4.7. Cálculo de los sistemas de extracción de humos en el edificio**

Dentro de este capítulo se realizarán los cálculos correspondientes a los sistemas de extracción de humos del edificio eléctrico y de control. Estos sistemas están destinados a la extracción del humo generado durante un posible incendio en el interior del edificio.

Por no existir especificaciones concretas del cliente en cuanto al caudal de humos a evacuar del edificio, se establece de acuerdo al documento de referencia [Ref 3] un caudal de 36 m<sup>3</sup>/h por cada metro cuadrado de superficie de la sala. Según requisito del cliente expresado en las especificaciones técnicas, algunas salas deben estar equipadas con un sistema de extracción de



humos. Se considera que deben ir equipadas con sistema de extracción de humos las siguientes salas:

- Sala eléctrica
- Escaleras

En las escaleras del edificio debe garantizarse también la no existencia de humos. Esto se consigue mediante la presurización de las mismas, como se definió en el apartado 4.6.2.9, en el que se define el sistema de ventilación de las escaleras del edificio.

#### *4.7.1. Cálculo del caudal de extracción de humos de la sala eléctrica*

La superficie de la sala eléctrica es de  $568\text{m}^2$ . Por tanto según el criterio de extracción de humos aplicado el caudal a extraer de esta sala es:

$$\dot{V}(\text{m}^3/\text{h}) = 36(\text{m}^3/\text{h} \times \text{m}^2) \cdot 568\text{m}^2 = 20.448\text{m}^3/\text{h} \quad [\text{Ec } 33]$$

Se instalará un ventilador centrífugo, del 100% de capacidad, con un caudal nominal de  $22.000\text{ m}^3/\text{h}$ , que garantizará la capacidad de extracción de humos en la sala.

#### **4.8. Resumen de los elementos integrantes de la instalación**

Tras haber dimensionado adecuadamente todos los sistemas HVAC del edificio, se muestran por último unas tablas en las que pueden observarse cuales son los elementos instalados. La tabla contiene el tipo de unidad, la marca y el modelo, el número de ellas, la zona en que van instaladas y su identificación en el P&ID que puede encontrarse en el anexo B.

##### *4.8.1. Equipos generadores de energía térmica.*

Identificación	Nº uds.	Tipo	Marca / Modelo	Zona
1UT01/02	2	Unidades de tratamiento de aire	TROX (a medida)	Salas eléctricas
1CA03	1	Calentador Terminal eléctrico	Warren SL 20TX	Sala de Baterías
1AH01/05	5	Aerotermos	S&P EP – 3 N	Sala de cables
1CA02	1	Calentador Terminal eléctrico	Warren SL-10A	Sala eléctrica
1CA01	1	Calentador Terminal eléctrico	Warren SL-10A	Sala electrónica
2UT05	1	Unidad de tratamiento de aire	TROX (a medida)	Salas el +0000mm
2UT01/02	2	Unidades de tratamiento de aire	TROX (a medida)	Escalera Este y Halls
2UT03/04	2	Unidades de tratamiento de aire	TROX (a medida)	Escalera Sur
2SP01	1	Unidad tipo Split	Daikin BQ60C	Oficina (el +0000mm)
2SP02	1	Unidad tipo Split	Daikin BQS140C	Laboratorio
3UT01/02	2	Unidades de tratamiento de aire	TROX (a medida)	Planta de control
3FC15/18	4	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 850	Sala de control
3FC13/14	2	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 550	Sala de comunicaciones
3FC11	1	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 550	Oficina 1
3FC12	1	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 550	Oficina 2
3FC09/10	2	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 350	Sala de reuniones
3FC01	1	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 350	Sala de fumadores
3FC19	1	Unidad Fan Coil	Termoven CF – 11	Cantina
3FC21/22	2	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 850	Sala técnica
3FC23	1	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 550	Sala de equipamientos
3FC24/28	5	Unidad Fan Coil	Termoven CF – 21	Oficina técnica
3FC06	1	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 550	Clínica médica
3FC20	1	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 250	Sala de limpieza
3FC07/08	2	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 250	Pasillo
3FC02/03	2	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 150	Vestuario femenino
3FC04/05	2	Unidad Fan Coil	Termoven 2T – 3R – 150	Vestuario masculino

*Tabla 53: Equipos generadores de energía térmica de la instalación*

#### 4.8.2. Sistemas de renovación de aire

Identificación	Unidades	Tipo	Marca / Modelo	Zona
1VT01/02	2	Ventiladores	Soler & Palau (S&P) CMT/6-400/165-2,2	Sala de baterías
1VT04/05/06	3	Ventiladores	Soler & Palau S&P HCFT/4-1000/H-X (5,5)	Sala de cables
1VT03	1	Ventilador (extracción humos)	Soler & Palau S&P CVHT – H – 20/20 – 850 – 7,5	Sala eléctrica
2VT01	1	Ventilador	Soler & Palau S&P CVTT – 7/7 – 1450 – 0,55	Laboratorio
3VT03	1	Ventilador	Soler & Palau S&P CVTT – 10/10 – 1000 – 0,55	Extracción planta de control
3VT02	1	Ventilador	Soler & Palau S&P CVST – 9/4 – 1250 – 0,25	Extracción aseos Planta de Control
3VT01	1	Ventilador	Soler & Palau S&P CAB – 315	Sala de fumadores

*Tabla 54: Sistemas de renovación de aire de la instalación*

#### 4.8.3. Equipos de soporte de los sistemas de climatización

Identificación	Unidades	Tipo	Marca / Modelo
5CH01/02	2	Unidades enfriadoras aire-agua	Carrier 30RA-140
5CH03/04	2	Unidades enfriadoras aire-agua	Carrier 30RB-232

*Tabla 55: Equipos de soporte de la instalación*

En el anexo G se adjuntan los catálogos de algunos de los equipos seleccionados para el sistema de ventilación y climatización del edificio.

Conocidos finalmente los equipos a instalar, se confecciona el presupuesto de ejecución del proyecto, que se adjunta en las páginas siguientes.

## 5. PRESUPUESTO

---

<b>- Autor:</b>	Diego Pilas Hernández
<b>- Departamento:</b>	Sección HVAC, departamento mecánico
<b>- Título del proyecto:</b>	Diseño del sistema de ventilación y climatización del edificio eléctrico de una central de ciclo combinado
<b>- Duración:</b>	10 meses
<b>- Tasa costes indirectos:</b>	20%
<b>- Coste total del proyecto:</b>	<b>468.677 €</b>

---

Desglose presupuestario:

- Coste personal

Apellidos y nombre	Categoría	Coste/mes	Coste (€)
Pilas Hernández, Diego	Ingeniero	2.943,60 €	29.436

- Coste equipos

Descripción	Coste (€)	% Dedicado	Nº uds.	Identificación	Marca / Modelo	Coste imputable (€)
Unidad Split de conducto	5.071	100	1	2SP02	Daikin BQS140C	5.071
Unidad Split de conducto	2.064	100	1	2SP01	Daikin BQ60C	2.064
Ventilador axial	1.471,91	100	3	1VT04/05/06	S&P HCFT/4-1000/H-X (5,5)	4.416
Ventilador centrífugo	1.024,22	100	2	1VT01/02	S&P CMT/6-400/165-2,2	2.048
Ventilador centrífugo	624,25	100	1	3VT03	S&P CVTT – 7/7 – 1450 – 0,55	624
Ventilador centrífugo	516,03	100	1	3VT01	S&P CAB – 315	516
Ventilador centrífugo	756,85	100	1	3VT02	S&P CVST – 9/4 – 1250 – 0,25	757
Ventilador centrífugo (extractor humo)	3.407,60	100	1	1VT03	S&P CVHT – H – 20/20 – 850 – 7,5	3.408
Ventilador centrífugo	742,70	100	1	2VT01	S&P CVTT – 10/10 – 1000 – 0,55	743

Unidad de tratamiento de aire	16.896	100	2	1UT01/02	TROX (a medida)	33.792
Unidad de tratamiento de aire	9.253	100	4	2UT01/02/03/04	TROX (a medida)	37.012
Unidad de tratamiento de aire	5.430	100	1	2UT05	TROX (a medida)	5.430
Unidad de tratamiento de aire	12.390	100	2	3UT01/02	TROX (a medida)	24.780
Unidades Fancoil	377,13	100	22	3FC01/22	Termoven 2T-3R	8.297
Unidades Fancoil	682,41	100	6	3FC23/28	Termoven CF	4.094
Compuerta motorizada	293,50	100	18	1CM01/12 2CM01/04 3CM01/02	TROX JZ - A	5.283
Compuerta de gravedad	158	100	6	1CG01/04 2CG01/02	TROX AUL – 1	948
Compuerta cortafuegos	591,60	100	8	1CC001/08	TROX FKA – 3.5	4.733
Rejillas de intemperie	6.144	100	--	1CE01/09 2CE01/02	TROX AWG	6.144
Calentadores de conducto	173,50	100	2	1CA01/02	Warren SL 10A	347
Calentador de conducto	258	100	1	1CA03	Warren SL 20TX	258
Aerotermino eléctrico	347	100	5	1AH01/03	S&P EP – 3 N	1.735
Paneles de Control Local	778,40	100	3	1PLC1 3PLC1	SIEMENS Sinumerik 840D	1.557
Unidades enfriadoras aire-agua	34.267	100	2	5CH01/02	Carrier 30RA-140	68.534
Unidades enfriadoras aire-agua	21.043	100	2	5CH03/04	Carrier 30RB-232	42.086
Licencia AUTOCAD	1.860	50	1	-----	Autodesk	930
Licencia HAP 4.40	1.562,80	70	1	-----	Carrier Software Systems	1.094
<b>TOTAL</b>						<b>266.701 €</b>

- Subcontratación de tareas

Descripción de tarea	Empresa contratada	Coste imputable
Instalación del sistema HVAC diseñado	Smithsetting S.L	37.492 €

- Costes directos varios

Descripción	Empresa	Coste imputable (€)
Proyecto de Ingeniería	Pilas Ingeniería S.L	50.048
Viajes a Letonia	Pilas Ingeniería S.L	3.417
Dietas	Pilas Ingeniería S.L	3.470
<b>TOTAL</b>		<b>56.935 €</b>

## RESUMEN DE COSTES

Descripción	Coste total (€)
Personal	29.436
Equipos	266.701
Subcontratación de tareas	37.492
Costes directos varios	56.935
Costes indirectos	78.113
<b>TOTAL</b>	<b>468.677 €</b>

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de **468.677 EUROS**.

Leganés a 28 de enero de 2011

El ingeniero proyectista



Fdo. Diego Pilas Hernández

## 6. CONCLUSIONES FINALES

Una vez comentados en profundidad los aspectos que se abordan en la memoria, se recogen las conclusiones más importantes que se han extraído al llevar a cabo cada uno de los apartados del proyecto.

En primer lugar, en cuanto a los fundamentos teóricos empleados para el cálculo de cargas, estudiados en el capítulo 2, se puede concluir que estos resultan de gran importancia a la hora de considerar todos los factores que tendrán una gran relevancia en el posterior diseño de un sistema de climatización, que es el objetivo principal que se persigue.

Así, se ha observado la complejidad existente a la hora de analizar el efecto de las condiciones climatológicas que se dan en el entorno del edificio en cuestión. La variabilidad de factores como la temperatura y la humedad en el ambiente, así como especialmente el efecto de la radiación solar, hacen que el cálculo de la carga térmica debida a estos factores presente una gran dificultad, siendo necesario recurrir a valores tabulados y factores de corrección, procedentes de estudios anteriores, en caso de no tener ayuda de herramientas informáticas.

Se aprecia también el gran número de aspectos que deben tenerse en cuenta en referencia a las condiciones interiores que existen en el edificio, como puedan ser la ocupación, la iluminación, la presencia de equipos que disipen carga, así como el horario de funcionamiento de los mismos. Para evaluar la carga térmica que disipan, deben en muchos casos hacerse estimaciones basadas únicamente en la buena práctica de la ingeniería, puesto que no se dispone en ocasiones de los datos de carga térmica exactos.

Asimismo es de una gran importancia conocer las características arquitectónicas de la envolvente del edificio para el que se pretende diseñar el sistema de climatización. Dichas características definirán el grado de aislamiento del edificio, y por tanto la capacidad que tiene de no ser influido por las condiciones ambientales exteriores. Vienen dadas principalmente por las

dimensiones del edificio, la calidad de su construcción y las características térmicas de los materiales empleados para muros, forjados, cubiertas, puertas y ventanas del mismo.

En segundo lugar, una vez conocidos los aspectos teóricos de mayor relevancia para el cálculo, resulta evidente la ayuda que aporta el uso de programas informáticos como los estudiados en el capítulo 3 a la hora de calcular las cargas térmicas en el edificio, así como a la hora de seleccionar posteriormente los sistemas y equipos más adecuados.

Respecto a estos programas, se ha observado la complejidad de los cálculos y simulaciones que realizan. Se aprecia también el modo en el que facilitan la introducción de las características del edificio, así como las condiciones interiores a mantener, que pueden fijarse a elección del usuario, o ser fijadas de acuerdo a pautas recomendadas por los programas, que poseen en su base de datos las condiciones que suelen establecerse atendiendo a la normativa de las instituciones internacionales competentes, como los estándares de la ASHRAE.

Por tanto, puede decirse que hoy en día resulta imprescindible el empleo de este tipo de herramientas informáticas si se quiere realizar un cálculo de carga térmica preciso, que permita diseñar de manera adecuada el sistema HVAC de cualquier edificio, siendo especialmente importantes para el diseño de los sistemas de aire acondicionado, que como se ha explicado resultan los más complejos.

Por último, en cuanto al diseño del sistema de climatización del edificio elegido, destaca la importancia de conjugar adecuadamente los conocimientos teóricos acerca del cálculo de cargas con un uso adecuado del programa informático seleccionado. Solo de este modo se cumplirá con los requisitos especificados en las diferentes normas que aplican al proyecto, como pueda ser la normativa que especifica la temperatura o el grado de ventilación a mantener en el edificio, y por supuesto con los requisitos especificados por el cliente del proyecto en cuestión.



En resumen, se puede concluir que aplicando unos conocimientos teóricos adecuados, que permitan valorar los aspectos más importantes a considerar, atendiendo a la normativa existente para este tipo de cálculos, y con la ayuda de herramientas informáticas modernas, de potentes prestaciones y gran precisión y fiabilidad, se lleva a cabo de manera satisfactoria el diseño completo del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado de un edificio, seleccionando los equipos más adecuados que cumplan los requisitos del mismo, alcanzando así el objetivo principal del proyecto.

## 7. LÍNEAS FUTURAS

En este apartado se citan algunos de los aspectos que se podrían desarrollar más a fondo en proyectos posteriores relacionados con el presente, y que no han sido comprendidos en el alcance de este.

El primer tema que se considera que se podría desarrollar en relación con el presente proyecto es el de la instalación del sistema de climatización diseñado en él.

Esto se refiere al estudio de aspectos como el trazado de los conductos de ventilación que se encargarán de la impulsión del aire a las diferentes salas del edificio, o los dedicados al retorno del aire a los equipos, profundizando en su dimensionado, la forma en que irán anclados, o su aislamiento en caso de ser necesario. En el presente proyecto se representa el trazado de los conductos de forma esquemática en los diagramas de proceso que se incluyen en el anexo B, y se sugiere como tema en el que profundizar.

Otro tema relacionado sería el de la ubicación y el anclaje de los propios equipos, teniendo en cuenta factores como situar adecuadamente separados los equipos que se dediquen a impulsar aire de los que la extraigan del edificio, con el fin de garantizar que no tomarán los primeros el aire extraído por los segundos.

Se sugiere también llevar a cabo el estudio acústico del edificio, dado que en el proyecto se considera que la garantía del cumplimiento de la normativa de ruido en las instalaciones corre a cargo de los fabricantes de los equipos instalados.

Por último, se propone también la posibilidad de realizar un estudio económico más detallado sobre los costes de explotación del sistema.

Los equipos que se han seleccionado en el presente proyecto han sido buscados en los catálogos de los principales fabricantes, algunos de los cuales

se adjuntan a modo de ejemplo en el anexo G, tratando de seleccionar aquellos que tengan una mejor relación si se comparan sus prestaciones y su precio.

No obstante se sugiere un estudio posterior que tenga en cuenta aspectos como por ejemplo el tiempo de amortización de los equipos o el coste de mantenimiento del sistema instalado.

## 8. GLOSARIO

HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)
RITE	Reglamento sobre Instalaciones Térmicas en Edificios
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
TFM	Transfer Function Method (Método de las funciones de transferencia)
TBS	Temperatura de Bulbo Seco
TBH	Temperatura de Bulbo Húmedo
HR	Humedad Relativa
UTA	Unidad de Tratamiento de Aire
FCU	Unidad Fan-Coil (Unidad serpentín-ventilador)
HAP	Hourly Analysis Program
ATEX	Atmósfera explosiva
RPH	Renovaciones por hora
P&ID	Process and Instrumentation Diagram, (Diagrama de instrumentación y proceso)

## 9. REFERENCIAS

[Ref 1] Gobierno de España, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), 1998, revisión 2007

[Ref 2] ASHRAE Handbook. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. 2009

[Ref 3] ASHRAE Standards, Ventilation for acceptable Indoor Air Quality, 62.1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. 2004

[Ref 4]

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar12/HTML/articulo04.htm> ,  
Accedido en Septiembre 2010.

[Ref 5] *E-20 II Engineering Software Manual, Hourly Analysis Program HAP 4.40. Carrier Software Systems Network. 2009*

[Ref 6] *TRACE 700 Building Energy and Economic Analysis User's Manual, version 6, TRANE. 2005*

[Ref 7] Gobierno de España, Control del humo en los establecimientos de pública concurrencia, DT/CPI 1. 1998

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Stoecker W.F. Industrial Refrigeration Handbook. Mc Graw-Hill. 1998

Pizetti C. Acondicionamiento del aire y refrigeración. Teoría y cálculo de instalaciones. Bellisco. 1991

*E-20 II Engineering Software Manual, Hourly Analysis Program HAP 4.40. Carrier Software Systems Network. 2009*

*TRACE 700 Building Energy and Economic Analysis User's Manual, version 6, TRANE. 2005*

*Manual de Aire Acondicionado. Carrier Air Conditioning Company. Carrier Software Systems Network. 2009*

ASHRAE Handbook. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. 2009

ASHRAE Standards, Ventilation for acceptable Indoor Air Quality, 62.1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. 2004

Gobierno de España, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), 1998, revisión 2007

*Gobierno de España, Control del humo en los establecimientos de pública concurrencia, DT/CPI 1. 1998*

[http://www.aloj.us.es/notas\\_tecnicas/Calculo\\_cargas\\_termicas.pdf](http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Calculo_cargas_termicas.pdf)

*Accedido en Julio 2010*

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar12/HTML/articulo04.htm> ,

*Accedido en Septiembre 2010.*

<http://www.e-nergias.com/www/reglamentos/Rite/ITE-03.htm>

*Accedido en Noviembre 2010.*

<http://www.scribd.com/doc/42142844/Trace700-Model-Guide>

*Accedido en Noviembre 2010*

<http://www.trane.com/Commercial/Dna/View.aspx?i=1136>

*Accedido en Noviembre 2010*

<http://www.vpclima.upv.es/ponencias/CongInt13.pdf>

*Accedido en Diciembre 2010*

[http://www.hosclima.com/H1801\\_TERMOVEN\\_FANCOILS\\_TARIFA\\_HOSCLIMA.pdf](http://www.hosclima.com/H1801_TERMOVEN_FANCOILS_TARIFA_HOSCLIMA.pdf)

*Accedido en Diciembre 2010*

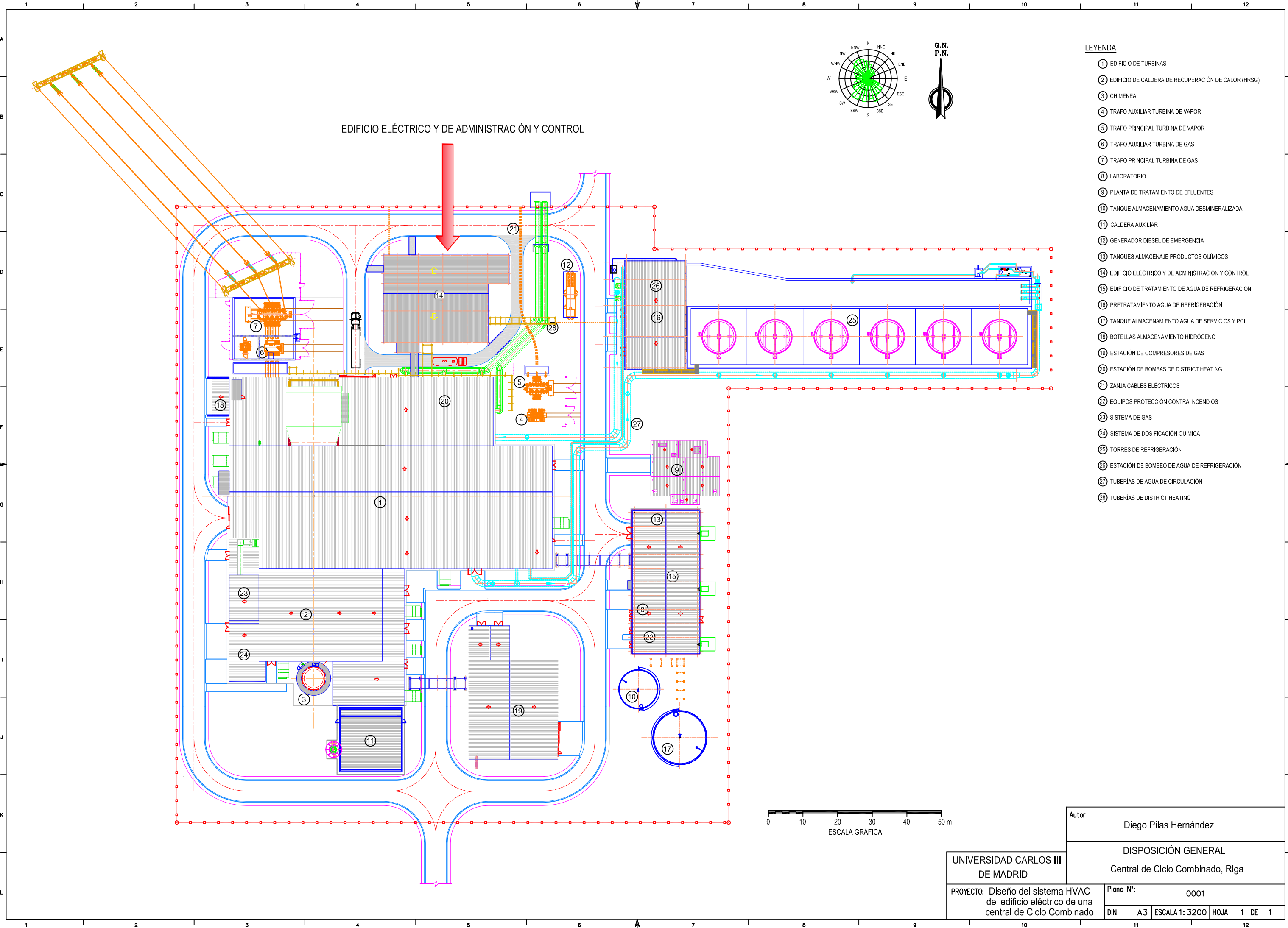
<http://www.warrenhvac.com/info/CbkCatalog06.pdf>

*Accedido en Enero 2011*

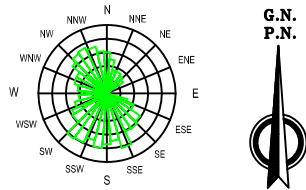
## **ANEXO A**

### **PLANOS DE LA CENTRAL Y DEL EDIFICIO SELECCIONADO**





EDIFICIO ELÉCTRICO Y DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

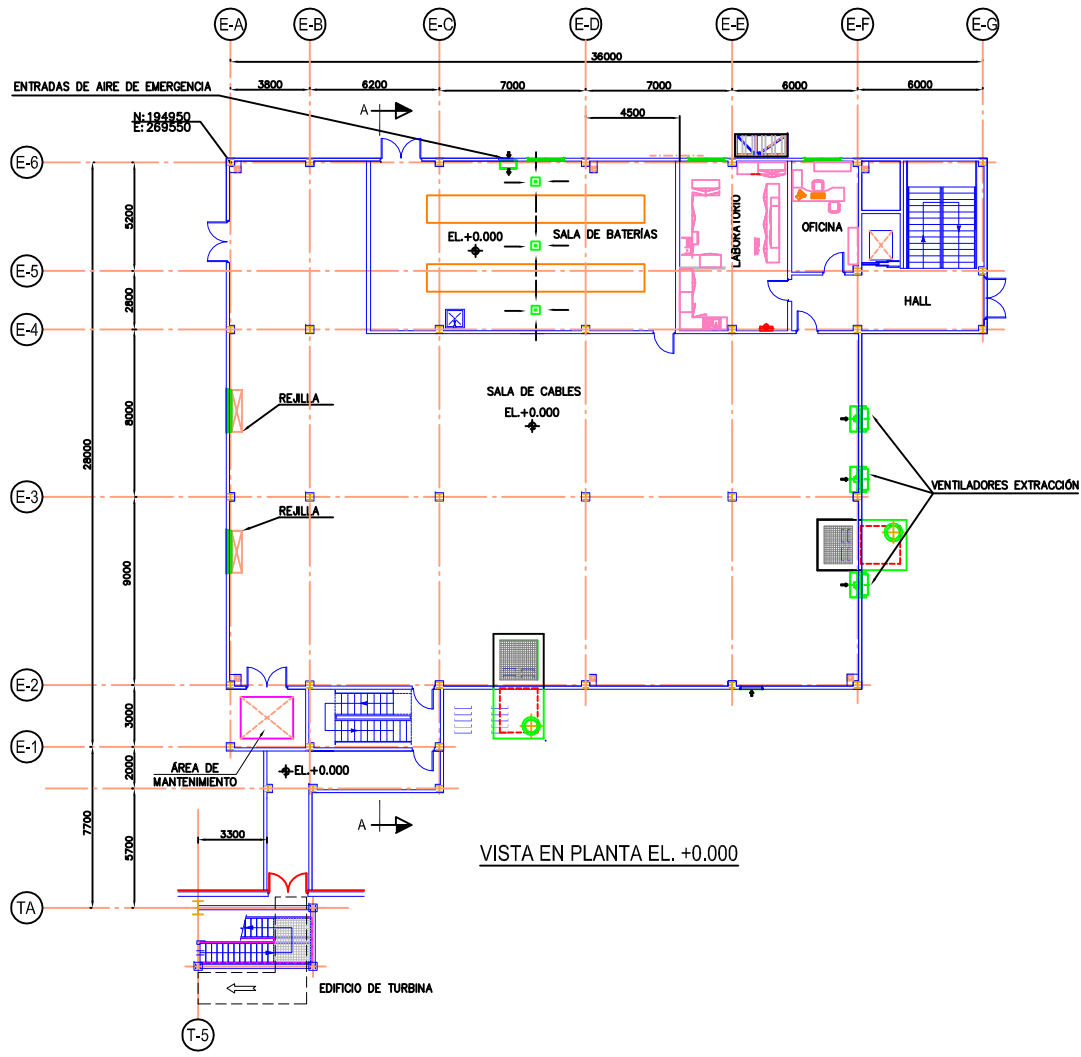


- LEYENDA**
- 1 EDIFICIO DE TURBINAS
  - 2 EDIFICIO DE CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR (HRSG)
  - 3 CHIMENEA
  - 4 TRAFIO AUXILIAR TURBINA DE VAPOR
  - 5 TRAFIO PRINCIPAL TURBINA DE VAPOR
  - 6 TRAFIO AUXILIAR TURBINA DE GAS
  - 7 TRAFIO PRINCIPAL TURBINA DE GAS
  - 8 LABORATORIO
  - 9 PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES
  - 10 TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA DESMINERALIZADA
  - 11 CALDERA AUXILIAR
  - 12 GENERADOR DIESEL DE EMERGENCIA
  - 13 TANQUES ALMACENAJE PRODUCTOS QUÍMICOS
  - 14 EDIFICIO ELÉCTRICO Y DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL
  - 15 EDIFICIO DE TRATAMIENTO DE AGUA DE REFRIGERACIÓN
  - 16 PRETRATAMIENTO AGUA DE REFRIGERACIÓN
  - 17 TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA DE SERVICIOS Y PCI
  - 18 BOTELLAS ALMACENAMIENTO HIDRÓGENO
  - 19 ESTACIÓN DE COMPRESORES DE GAS
  - 20 ESTACIÓN DE BOMBAS DE DISTRICT HEATING
  - 21 ZANJA CABLES ELÉCTRICOS
  - 22 EQUIPOS PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
  - 23 SISTEMA DE GAS
  - 24 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA
  - 25 TORRES DE REFRIGERACIÓN
  - 26 ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA DE REFRIGERACIÓN
  - 27 TUBERÍAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN
  - 28 TUBERÍAS DE DISTRICT HEATING

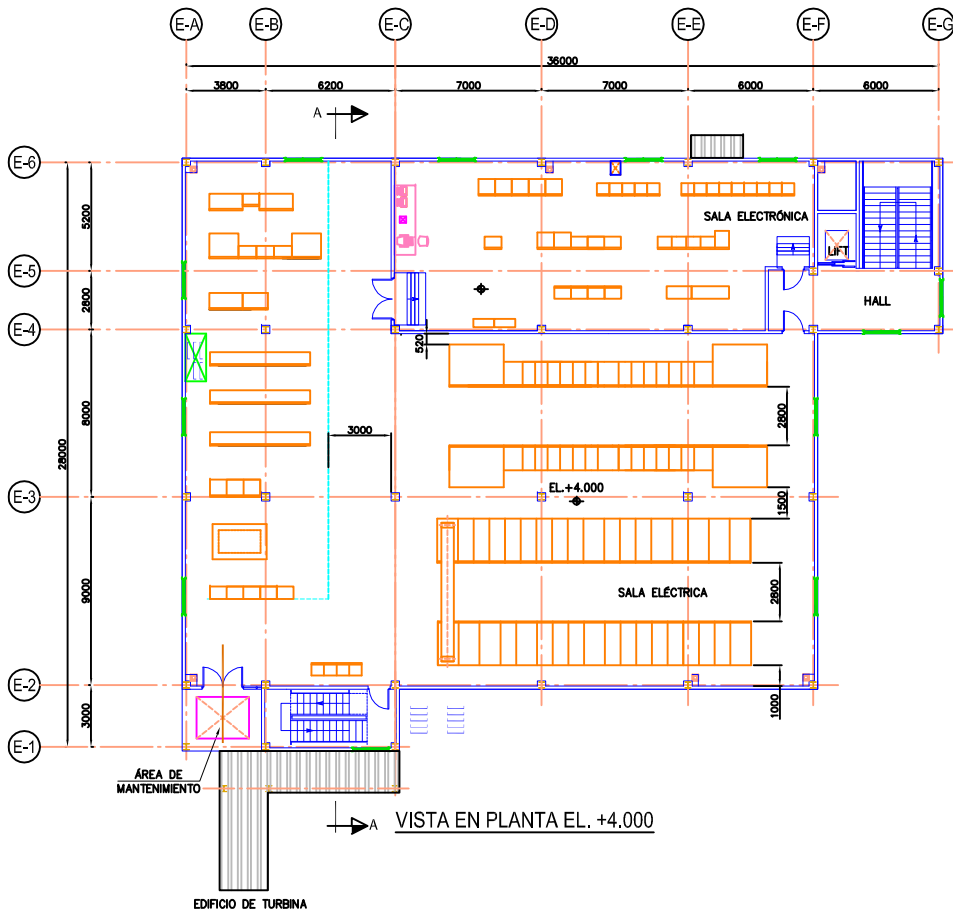
0 10 20 30 40 50 m  
ESCALA GRÁFICA

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID		Autor : Diego Pilas Hernández	
PROYECTO: Diseño del sistema HVAC del edificio eléctrico de una central de Ciclo Combinado		DISPOSICIÓN GENERAL Central de Ciclo Combinado, Riga	
Plano N°: 0001		DIN A3 ESCALA 1: 3200 HOJA 1 DE 1	

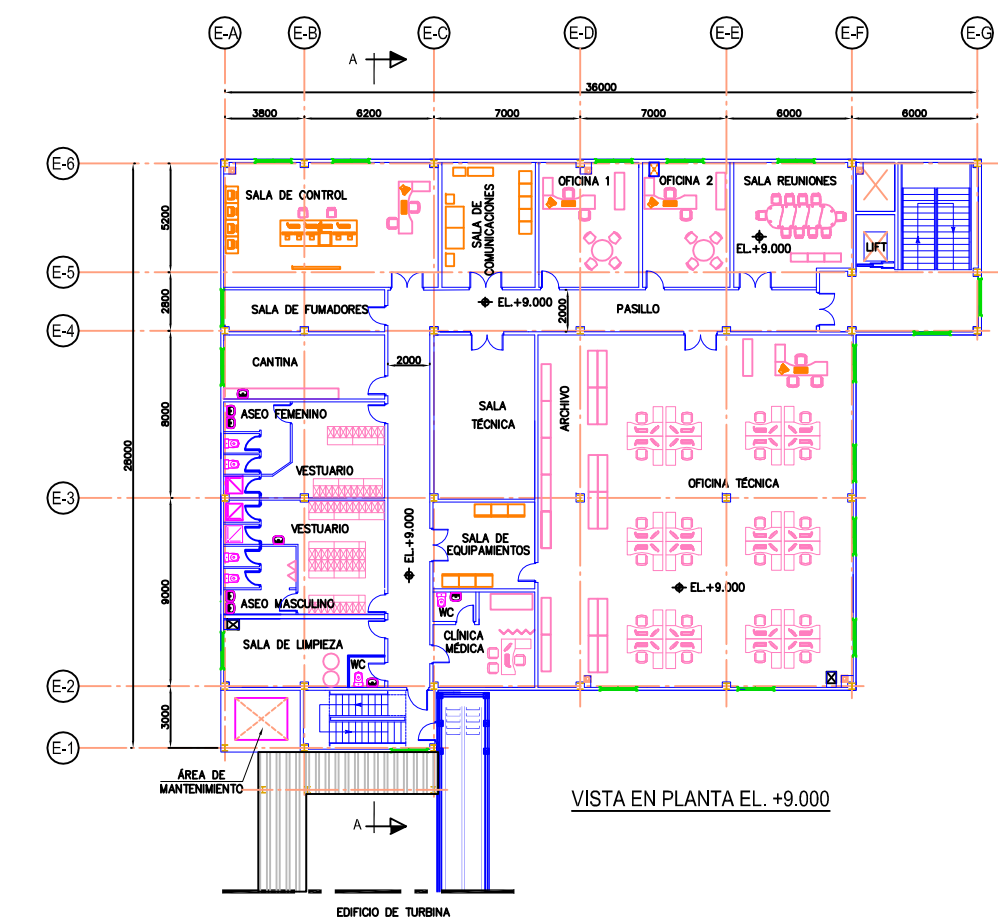
G.N.  
P.N.



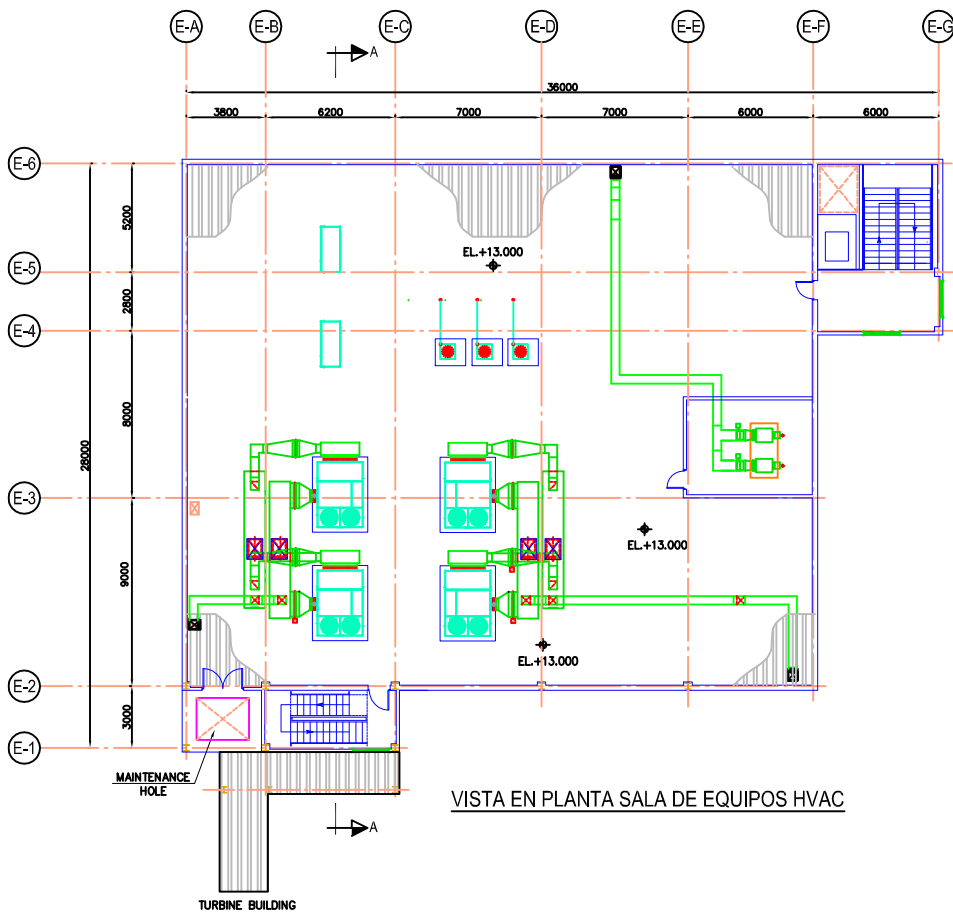
VISTA EN PLANTA EL. +0.000



VISTA EN PLANTA EL. +4.000



VISTA EN PLANTA EL. +9.000



VISTA EN PLANTA SALA DE EQUIPOS HVAC

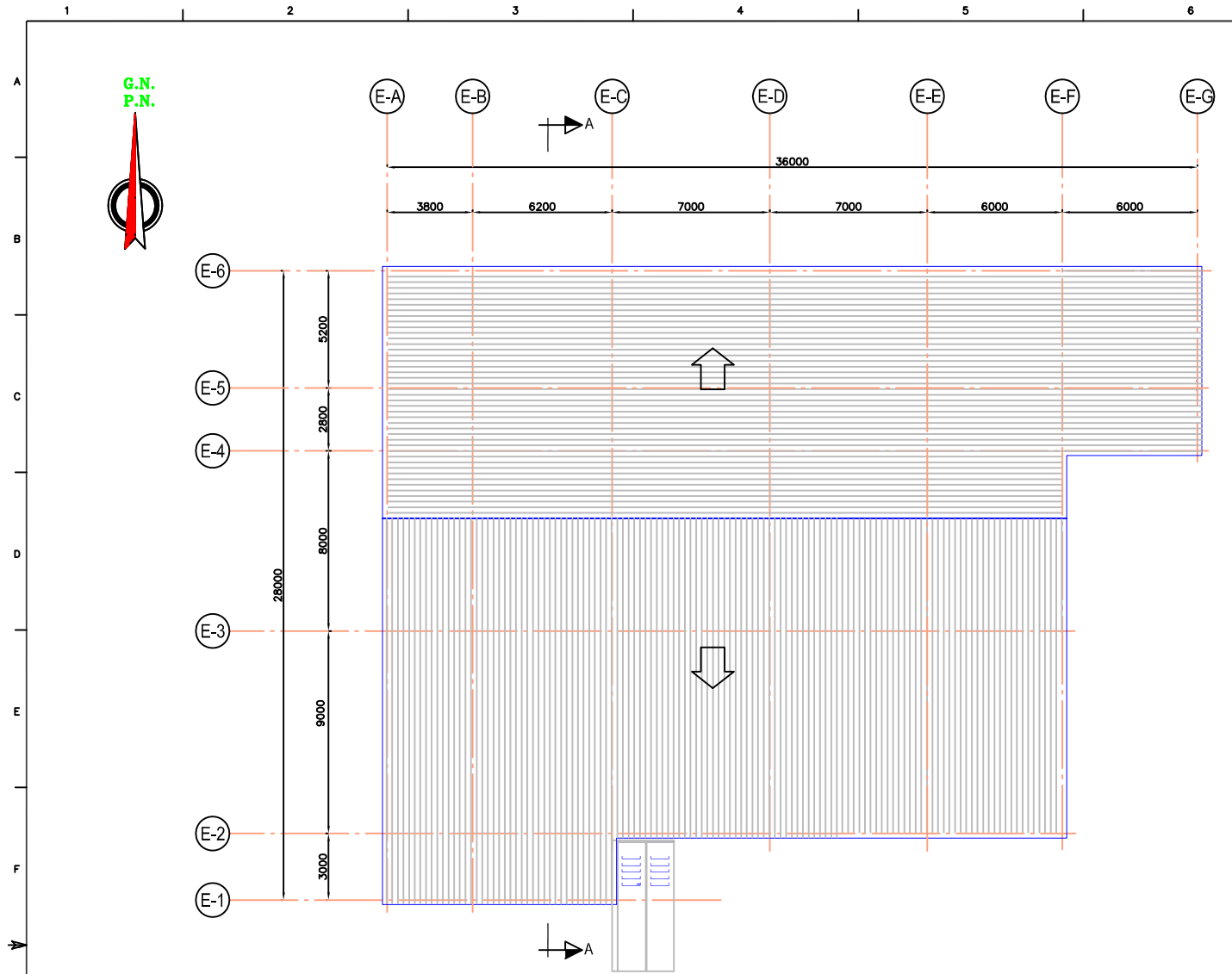
Autor : Diego Pilas Hernández

UNIVERSIDAD CARLOS III  
DE MADRID

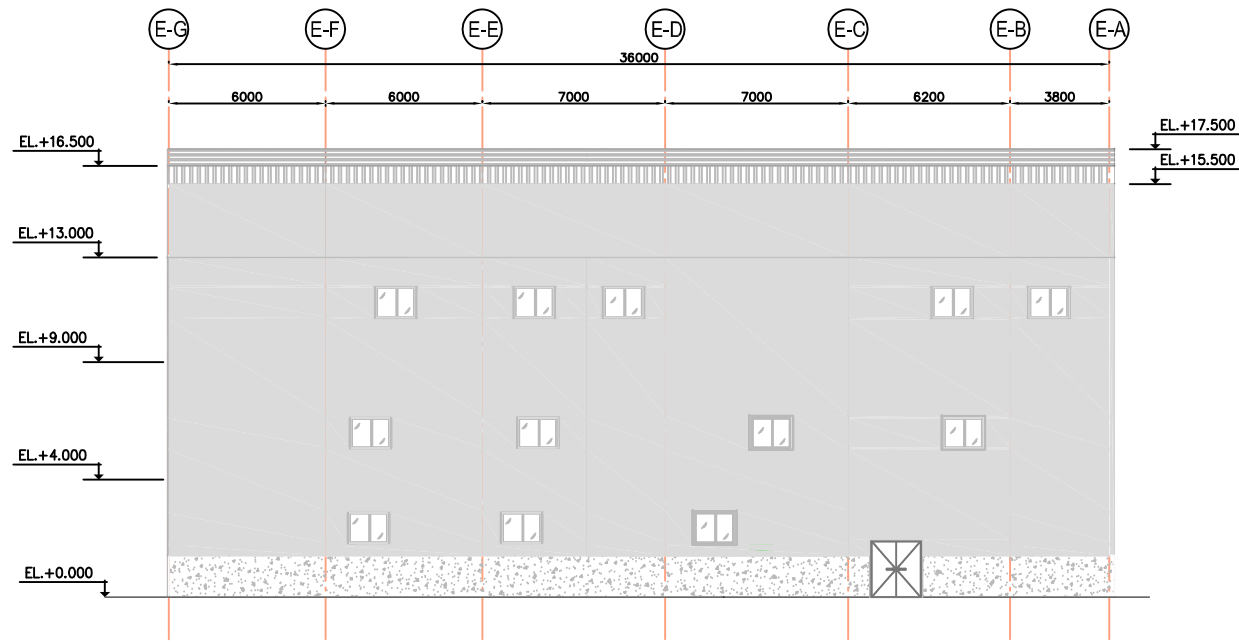
PROYECTO: Diseño del sistema HVAC  
del edificio eléctrico de una  
central de Ciclo Combinado

DISPOSICIÓN GENERAL  
Edificio eléctrico y de administración y control

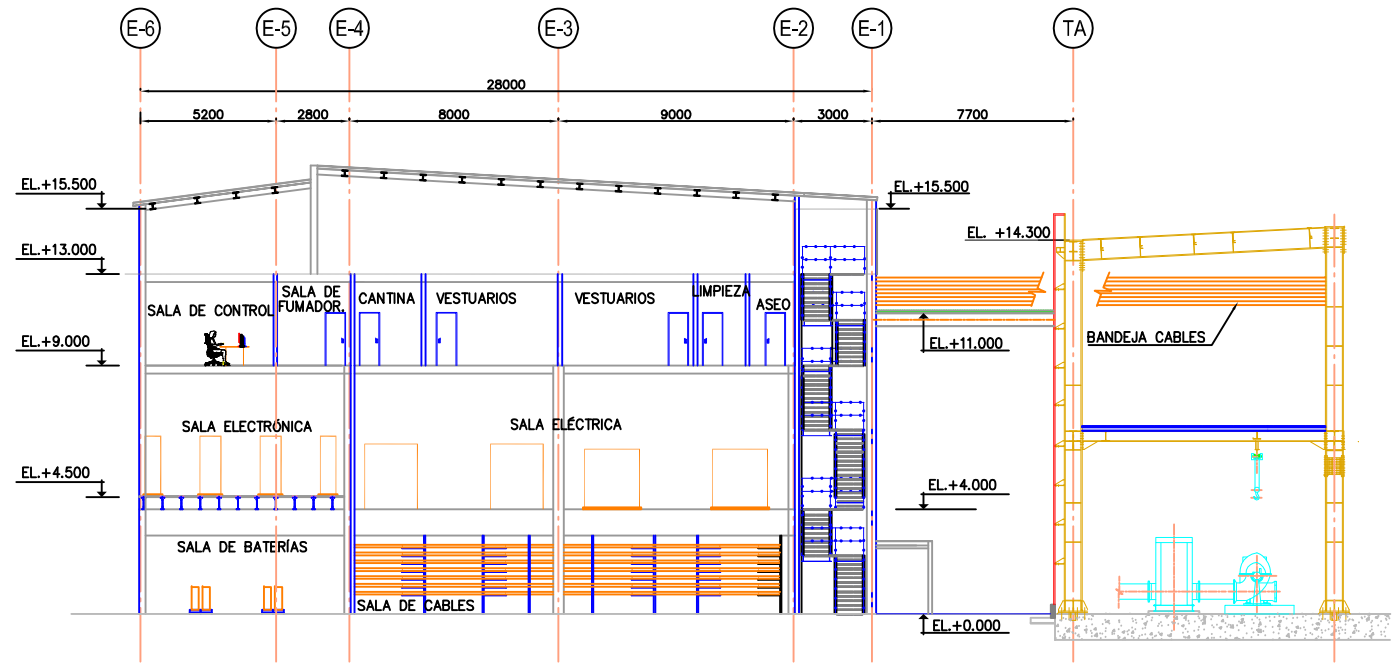
Plano N°: 0002  
DIN A3 ESCALA 1:320 HOJA 1 DE 2



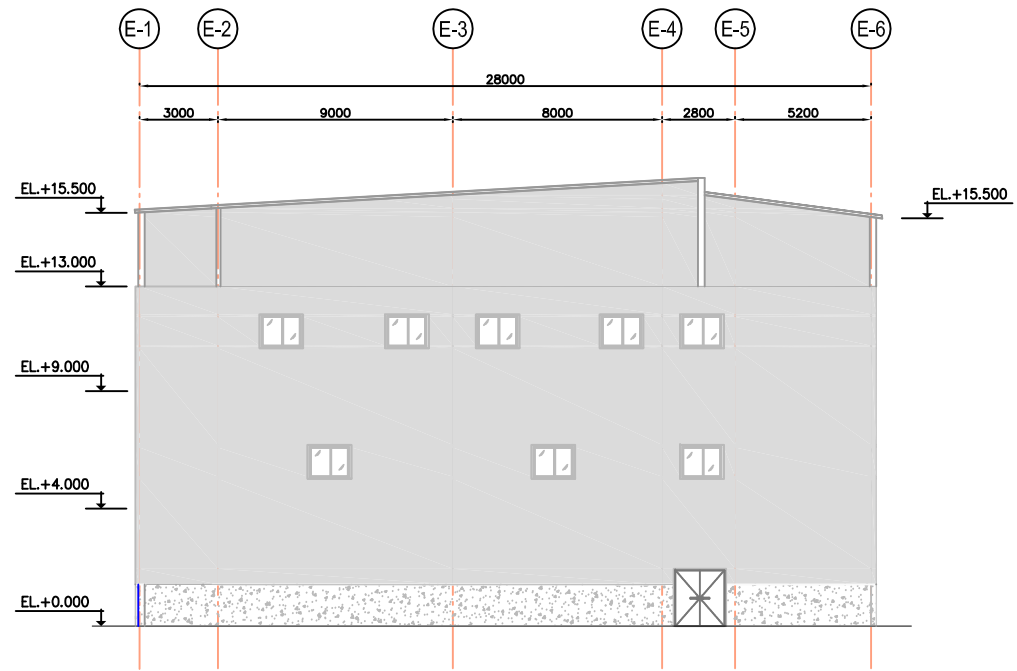
EDIFICIO DE TURBINAS  
VISTA EN PLANTA TEJADO



ALZADO FACHADA NORTE



SECCIÓN A-A



ALZADO FACHADA ESTE



Autor : Diego Pillas Hernández

UNIVERSIDAD CARLOS III  
DE MADRID

PROYECTO: Diseño del sistema HVAC  
del edificio eléctrico de una  
central de Ciclo Combinado

DISPOSICIÓN GENERAL  
Edificio eléctrico y de administración y control


Plano Nº: 0002  
DIN A3 ESCALA 1:320 HOJA 2 DE 2


## **ANEXO B**


### **DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y PROCESO (P&ID)**


SIMBOLOGÍA DE LOS P&IDs


SÍMBOLOGÍA PARA SISTEMAS HVAC


- 


REJILLA DE INTEMPERIE
- 


COMPUERTA MOTORIZADA
- 


COMPUERTA DE GRAVEDAD (SOBREPRESIÓN)
- 


COMPUERTA CORTAFUEGOS
- 


VENTILADOR (GENÉRICO)
- 


VENTILADOR CENTRÍFUGO
- 


VENTILADOR AXIAL
- 


VENTILADOR HELICOIDAL
- 

VÁLVULA DE TRES VÍAS
- 

SERPENTÍN DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN  
CON REFRIGERANTE
- 


SERPENTÍN DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICO
- 


FILTRO BAJA EFICIENCIA
- 


FILTRO ALTA EFICIENCIA
- 

BRIDA ANTIVIBRACIÓN

SÍMBOLOGÍA PARA INSTRUMENTACIÓN

- 

INSTRUMENTO DE MONITORIZACIÓN LOCAL
- 

PANEL DE CONTROL CENTRAL
- 

PANEL DE CONTROL LOCAL
- "X"

PDI

INDICADOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL
- PDTA

TRANSMISOR/ALARMA PRESIÓN DIFERENCIAL
- PIC

INDICADOR DE PRESIÓN DE CONTROL AUTOMÁTICO
- MTC


MEDIDOR DE HUMEDAD DE CONTROL AUTOMÁTICO
- TTC


TRANSMISOR DE TEMPERATURA DE CONTROL AUTOMÁTICO
- TSN

INTERRUPTOR DE PARO SEGÚN MEDIDA DE TEMPERATURA
- TB

MEDIDOR DE TEMPERATURA

SÍMBOLOGÍA PARA LÍNEAS DE PROCESOS HVAC

- 

LÍNEA DE IMPULSIÓN DE AIRE
- 

LÍNEA DE RETORNO DE AIRE

UNIVERSIDAD CARLOS III  
DE MADRID

Diseño del sistema HVAC  
del edificio eléctrico de una  
central de Ciclo Combinado

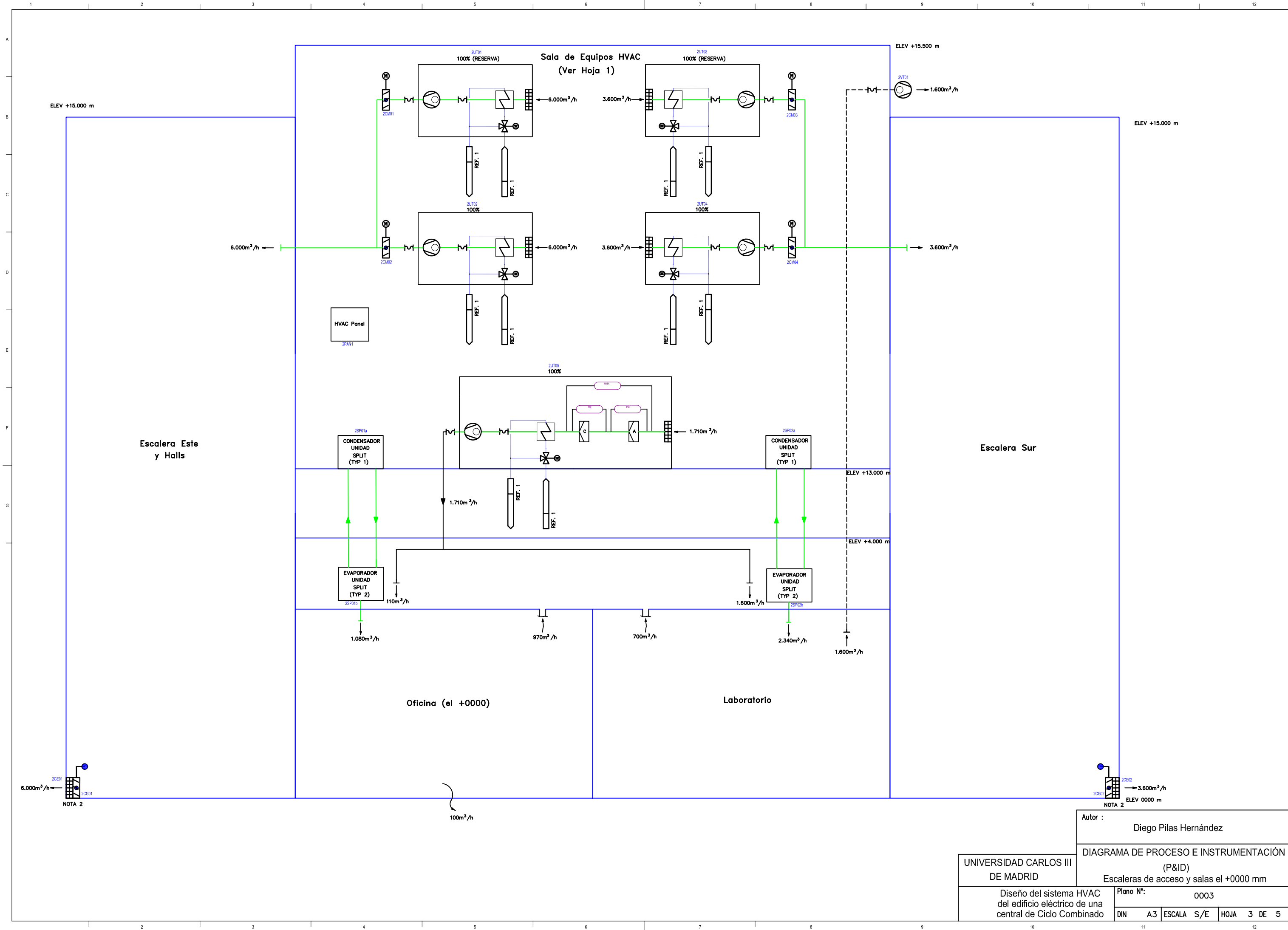
Autor :  
Diego Pilas Hernández

DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN  
(P&ID)  
Simbología y Sistema de Designación

Plano N°: 0003

DIN	A3	ESCALA	S/E	HOJA	1 DE 5
-----	----	--------	-----	------	--------





Autor :  
Diego Pilas Hernández

DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN  
(P&ID)  
Escaleras de acceso y salas el +0000 mm

UNIVERSIDAD CARLOS III  
DE MADRID

Diseño del sistema HVAC  
del edificio eléctrico de una  
central de Ciclo Combinado

Plano N°: 0003

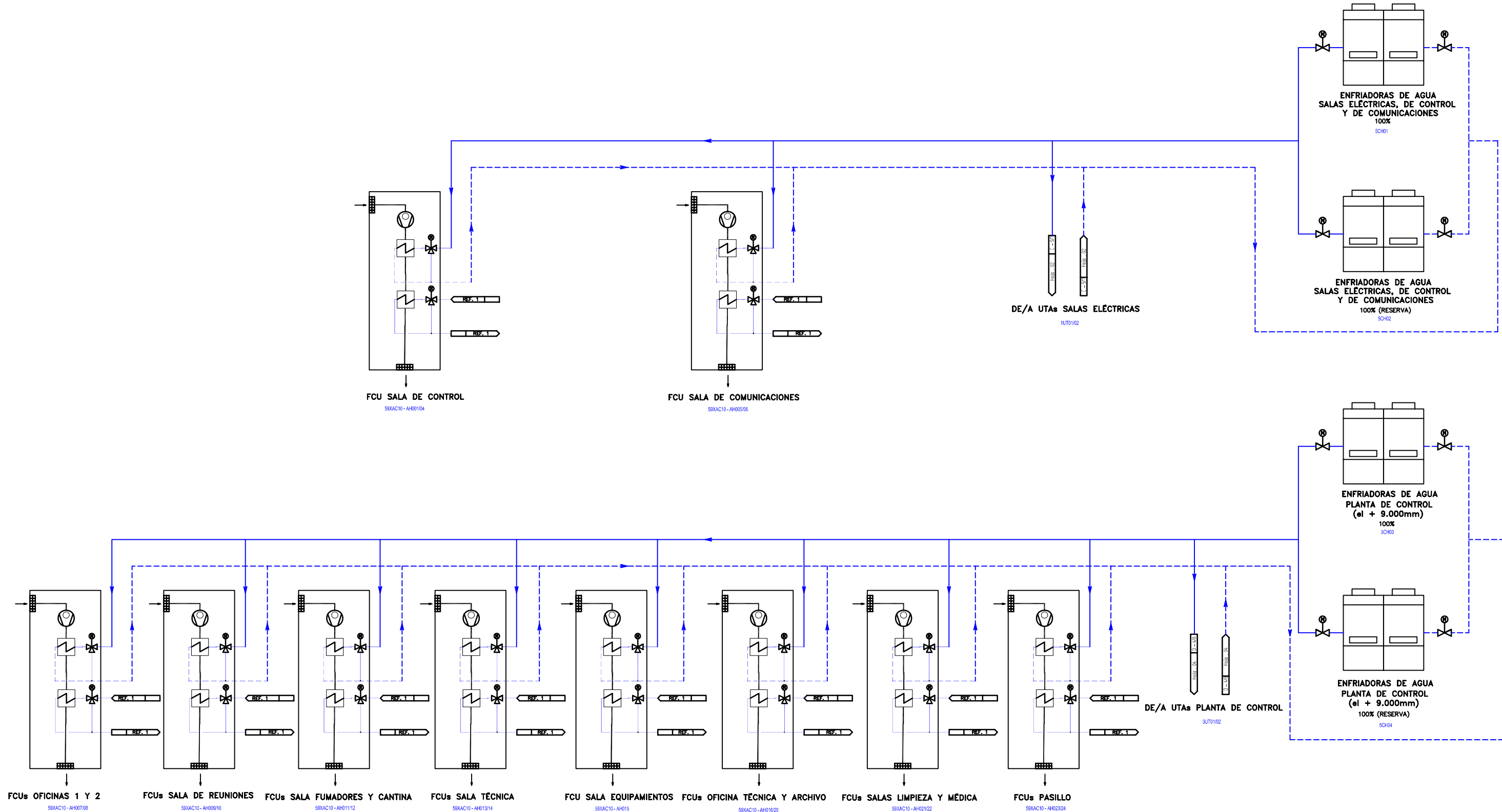
DIN	A3	ESCALA	S/E	HOJA	3 DE 5
-----	----	--------	-----	------	--------





SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACIÓN

EDIFICIO ELÉCTRICO Y DE CONTROL



Autor :  
Diego Pilas Hernández

DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN  
(P&ID)  
Sistema de Agua de Refrigeración

UNIVERSIDAD CARLOS III  
DE MADRID

Diseño del sistema HVAC  
del edificio eléctrico de una  
central de Ciclo Combinado

Plano N°: 0003

DIN	A3	ESCALA	S/E	HOJA	5 DE 5
-----	----	--------	-----	------	--------

## **ANEXO C**

### **DATOS DE CARGA TÉRMICA EN LAS SALAS**

# CARGAS TERMICAS EN EL EDIFICIO ELÉCTRICO

## CARGAS TERMICAS EN KW

### Planta de control y salas el+0000

#### Sala de Comunicaciones

	núm.	pérdidas /cuadro	pérdidas total	
Cuadros	10	0,3	3	
Ordenadores	2	0,5	1	
Pantallas	2	0,5	1	
Impresoras	2	0,3	0,6	
<b>TOTAL</b>				<b>5,6</b>

#### Sala de Control.

	núm.	pérdidas /cuadro	pérdidas total	
Ordenadores	8	0,5	4	
Pantallas	8	0,5	4	
Impresoras	4	0,3	1,2	
Televisores	3	1	3	
Cuadros	3	0,3	0,9	
<b>TOTAL</b>				<b>13,1</b>

#### Sala técnica

	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total	
Ordenadores	4	0,5	2	
Pantallas	4	0,5	2	
Impresoras	2	0,3	0,6	
Televisores	2	1	2	
Cuadros	2	0,3	0,6	
<b>TOTAL</b>				<b>7,2</b>

#### Oficina técnica + Archivo.

	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total	
Ordenadores	25	0,5	12,5	
Pantallas	25	0,5	12,5	
Impresoras	6	0,3	1,8	
Cuadros	6	0,3	1,8	
<b>TOTAL</b>				<b>28,6</b>

#### Cantina

	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total	
Nevera	1	2	2	
Microondas	1	2	2	
Televisores	1	1	1	
<b>TOTAL</b>				<b>5</b>

<b>Sala de Reuniones</b>			
	núm.	pérdidas /cuadro	pérdidas total
Ordenadores	2	0,5	1
Pantallas	2	0,5	1
Impresoras	1	0,3	0,3
Televisores	1	1	1
Cuadros	0	0,3	0
<b>TOTAL</b>			<b>3,3</b>
<b>Oficina (el +0000)</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Ordenadores	1	0,5	0,5
Pantallas	1	0,5	0,5
Impresoras	1	0,3	0,3
Televisores	1	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>2,3</b>
<b>Oficina 1 (el +9000)</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Ordenadores	1	0,5	0,5
Pantallas	1	0,5	0,5
Impresoras	1	0,3	0,3
Televisores	1	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>2,3</b>
<b>Oficina 2 (el +9000)</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Ordenadores	1	0,5	0,5
Pantallas	1	0,5	0,5
Impresoras	1	0,3	0,3
Televisores	1	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>2,3</b>
<b>Clínica médica (el +9000)</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Ordenadores	1	0,5	0,5
Pantallas	1	0,5	0,5
Impresoras	1	0,3	0,3
Televisores	1	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>2,3</b>
<b>Sala de fumadores</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Máquina vending	1	3	3
<b>TOTAL</b>			<b>3</b>

<b>Laboratorio</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Ordenadores	3	0,5	1,5
Pantallas	3	0,5	1,5
Impresoras	1	0,3	0,3
Cuadros	3	0,3	0,9
<b>TOTAL</b>			<b>4,2</b>
<b>Sala de equipamientos</b>			
	núm.	pérdidas / equipo	pérdidas total
Ordenadores	2	0,5	1
Pantallas	2	0,5	1
Impresoras	0	0,3	0
Televisores	1	0,3	0,3
<b>TOTAL</b>			<b>2,3</b>

### CARGAS TERMICAS EN KW

**Sala de cables.**

Sala de Baterías.	
-------------------	--

[illegible]

	num.	perdidas /bateria	total	
Pérdidas en baterías durante carga de	1	18.3	<b>18.3</b>	
	núm.	pérdidas /bateria	pérdidas total	
Hidrógeno emitido (m³/hora)	2	3.45	<b>6.9</b>	.La emisión de Hidrógeno se produce al final de la carga. Esto se hace con muy poca frecuencia. Del orden de 1 o 2 veces al año.

Sala Eléctrica.					
	núm.	pérdidas /embarrado	num. Cabinas	pérdidas /cabina.	pérdidas total
CENTROS CONTROL MOTORES	2	2			4
CC/CA REGULADA	2	2			4
CABINAS E/S ICS	3	0.3			0.9
Otros Cuadros	4	0.3			1.2
TOTAL					10.1
	núm.	pérdidas /embarrado	num. Cabinas	pérdidas /cabina.	pérdidas total
MEDIA TENSION	2	1	36	0.5	20.0
TOTAL					20.0
	núm.	pérdidas /embarrado	num. Cabinas	pérdidas /cabina.	pérdidas total
TRANSFORMADORES	4 X 50%	20			
	2	20			40
CENTROS DE FUERZA/EMERGENCIA	4	4			16
TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN	1	20			20
TOTAL					76.0
Sala de electrónica.					
	núm.	pérdidas /cuadro	pérdidas total		
Cuadros	35	0.3	10.5		
TOTAL					10.5

## **ANEXO D**

### **DATOS DE CARACTERÍSTICAS DE LAS SALAS Y DATOS DE ENTRADA EN EL PROGRAMA**



SALA	Laboratorio
------	-------------

DIMENSIONES (Nota 1)				
largo	ancho	alto	área	volumen
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
5	8	4	40	160

Nota 1: largo = long pared norte

REQUISITOS VENTILACIÓN				
Criterio	ren/h	m <sup>3</sup> /h/per	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	Cliente
	10	30,6	1,1	10% frío
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
	1600	92	44	268
Caudal requerido	[m <sup>3</sup> /h]	l/s	ren/h	
	1.670	463,9	10,4	

CARGAS INTERNAS		
	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]
Carga Equipos	4.200	105
Carga Miscelánea	--	--
Carga Latente	--	--

Iluminación	[W/m <sup>2</sup> ]	20
Ocupación		3

INFILTRACIONES			
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	ren/h
Enfriamiento	40	1	0,25
Calefacción	40	1	0,25

PARED NORTE										PARED SUR									
	Muro		Ventanas			Particion					Muro		Ventanas			Particion			
						Sala no acond		Exterior								Sala no acond		Exterior	
Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
	[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Exterior	20	0,35	1	1,52	3,339					No acond.	20	0,613	0			40	7	32,5	-31
PARED ESTE										PARED OESTE									
	Muro		Ventanas			Particion					Muro		Ventanas			Particion			
						Sala no acond		Exterior								Sala no acond		Exterior	
Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
	[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Acond.	32									No acond.	32	0,613	0			32	17	32,5	-31
TECHO										SUELO									
	Cubierta		Ventanas			Particion					Solera		Perimetro expuesto	Cof aisl.	Particion				
						Sala no acond		Exterior							Sala no acond		Exterior		
Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	Frontera	AREA	Coef.	[m]	[m²K/W]	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	
	[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		[°C]	[°C]			[°C]	[°C]			
No acond.	40	1,5	0			26	20	32,5	-31	Sobre terreno	40	1,5	5,15						

<b>SALA</b>	<b>Sala de Baterías</b>
-------------	-------------------------

DIMENSIONES (Nota 1)				
largo	ancho	alto	área	volumen
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
14,0	8,0	4,0	112,0	448,0

Nota 1: largo = long pared norte

REQUISITOS VENTILACIÓN				
Criterio	ren/h	m <sup>3</sup> /h/per	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	Cliente
	10	0	1,1	1% H <sub>2</sub>
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
	4480	0	123,2	4.732
Caudal requerido	[m <sup>3</sup> /h]	l/s	ren/h	
	4.732	1.314,4	10,6	

CARGAS INTERNAS		
	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]
Carga Equipos	18.300	--
Carga Miscelánea	--	--
Carga Latente	--	--

Iluminación	[W/m <sup>2</sup> ]	7,5
Ocupación		0

INFILTRACIONES			
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	ren/h
Enfriamiento	112	1	0,25
Calefacción	112	1	0,25

PARED NORTE										PARED SUR									
Frontera	Muro		Ventanas			Particion				Frontera	Muro		Ventanas			Particion			
						Sala no acond		Exterior								Sala no acond		Exterior	
	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>		AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
[m²]	[W/m²K]	[m²]		[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		
Exterior	56	0,35	1	1,52	3,339					No acond.	56	0,613				40	7	32,5	-31
			2	4	1,703														
PARED ESTE										PARED OESTE									
Frontera	Muro		Ventanas			Particion				Frontera	Muro		Ventanas			Particion			
						Sala no acond		Exterior								Sala no acond		Exterior	
	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>		AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
[m²]	[W/m²K]	[m²]		[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		
No acond.	32	0,613	0			26	21	32,5	-31	No acond.	32	0,613				40	7	32,5	-31
TECHO										SUELO									
Frontera	Cubierta		Ventanas			Particion				Frontera	Solera		Perimetro expuesto	Cof aisl.	Particion				
						Sala no acond		Exterior							Sala no acond		Exterior		
	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>		AREA	Coef.			T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	
[m²]	[W/m²K]	[m²]		[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[m²]	[W/m²K]	[m]	[m²K/W]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]			
No acond.	112,0	1,5	0			26	20	32,5	-31	Sobre terreno	112,0	1,5	14,0						

SALA	Sala de control
------	-----------------

DIMENSIONES (Nota 1)				
largo	ancho	alto	área	volumen
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
10	6	4	60,00	240

Nota 1: largo = long pared norte

REQUISITOS VENTILACIÓN				
Criterio	ren/h	m <sup>3</sup> /h/per	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	Cliente
	1	30,6	1,1	10% frío
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
	240	122	66	503
Caudal requerido	[m <sup>3</sup> /h]	l/s	ren/h	
	503	139,7	2,1	

CARGAS INTERNAS		
	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]
Carga Equipos	13.100	--
Carga Miscelánea	--	--
Carga Latente	--	--

Iluminación	[W/m <sup>2</sup> ]	20
Ocupación		4

INFILTRACIONES			
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	ren/h
Enfriamiento	60	1	0,25
Calefacción	60	1	0,25

PARED NORTE										PARED SUR									
	Muro		Ventanas			Particion					Muro		Ventanas			Particion			
						Sala no acond		Exterior								Sala no acond		Exterior	
Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
	[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Exterior	40	0,35	2	3,04	3,339					Acond.	40		2	4	1,703				
PARED ESTE										PARED OESTE									
	Muro		Ventanas			Particion					Muro		Ventanas			Particion			
						Sala no acond		Exterior								Sala no acond		Exterior	
Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
	[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Acond.	24	--								Exterior	24	0,35							
TECHO										SUELO									
	Cubierta		Ventanas			Particion					Solera		Perimetro expuesto	Cof aisl.	Particion				
						Sala no acond		Exterior							Sala no acond		Exterior		
Frontera	AREA	Coef.	Nº	Area	Coef.	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	Frontera	AREA	Coef.	[m]	[m²K/W]	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	
	[m²]	[W/m²K]		[m²]	[W/m²K]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]		[m²]	[W/m²K]			[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	
Exterior	60,00	0,25								No acond.	60,00	1,5			35	15	32,5	-31	

## **ANEXO E**

### **MUESTRA DE RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL PROGRAMA HOURLY ANALYSIS PROGRAM (HAP) 4.40**

# Air System Sizing Summary for Split laboratorio

Project Name: Riga II EB Laboratorio  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:39

## Air System Information

Air System Name ..... **Split laboratorio**  
Equipment Class ..... **SPLT AHU**  
Air System Type ..... **SZCAV**

Number of zones ..... **1**  
Floor Area ..... **40,0** m<sup>2</sup>  
Location ..... **Riga, Latvia**

## Sizing Calculation Information

### Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s ..... **Sum of space airflow rates**  
Space L/s ..... **Individual peak space loads**

Calculation Months ..... **Jan to Dec**  
Sizing Data ..... **Calculated**

## Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load ..... **9,7** kW  
Sensible coil load ..... **9,7** kW  
Coil L/s at Jul 1600 ..... **650** L/s  
Max block L/s ..... **650** L/s  
Sum of peak zone L/s ..... **650** L/s  
Sensible heat ratio ..... **1,000**  
m<sup>2</sup>/kW ..... **4,1**  
W/m<sup>2</sup> ..... **243,5**  
Water flow @ 5,6 °K rise ..... **N/A**

Load occurs at ..... **Jul 1600**  
OA DB / WB ..... **32,2 / 19,6** °C  
Entering DB / WB ..... **30,3 / 19,1** °C  
Leaving DB / WB ..... **17,9 / 14,7** °C  
Coil ADP ..... **16,5** °C  
Bypass Factor ..... **0,100**  
Resulting RH ..... **43** %  
Design supply temp. .... **17,6** °C  
Zone T-stat Check ..... **1 of 1** OK  
Max zone temperature deviation ..... **0,0** °K

## Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load ..... **10,6** kW  
Coil L/s at Des Htg ..... **650** L/s  
Max coil L/s ..... **650** L/s  
Water flow @ 11,1 °K drop ..... **N/A**

Load occurs at ..... **Des Htg**  
W/m<sup>2</sup> ..... **266,1**  
Ent. DB / Lvg DB ..... **10,0 / 23,6** °C

## Preheat Coil Sizing Data

Max coil load ..... **19,3** kW  
Coil L/s at Des Htg ..... **650** L/s  
Max coil L/s ..... **650** L/s  
Water flow @ 11,1 °K drop ..... **0,42** L/s

Load occurs at ..... **Des Htg**  
Ent. DB / Lvg DB ..... **-14,6 / 10,0** °C

## Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s ..... **650** L/s  
Standard L/s ..... **649** L/s  
Actual max L/(s-m<sup>2</sup>) ..... **16,25** L/(s-m<sup>2</sup>)

Fan motor BHP ..... **0,10** BHP  
Fan motor kW ..... **0,08** kW  
Fan static ..... **100** Pa

## Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s ..... **445** L/s  
L/(s-m<sup>2</sup>) ..... **11,13** L/(s-m<sup>2</sup>)

L/s/person ..... **148,33** L/s/person

## System Psychrometrics for Split labororio

Project Name: Riga II EB Laboratorio  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:47

**July DESIGN COOLING DAY, 1600**

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	32,2	0,00910	445	400	3138	-193
Vent - Return Mixing	Outlet	30,3	0,00915	650	415	-	-
Preheat Coil	Outlet	30,3	0,00915	650	415	0	-
Central Cooling Coil	Outlet	17,9	0,00915	650	415	9738	0
Central Heating Coil	Outlet	17,9	0,00915	650	415	0	-
Supply Fan	Outlet	18,0	0,00915	650	415	76	-
Cold Supply Duct	Outlet	18,0	0,00915	650	415	-	-
Zone Air	-	26,3	0,00925	650	449	6524	193
Return Plenum	Outlet	26,3	0,00925	650	449	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,206 W/(L/s-K)*

*Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2943,7 W/(L/s)*

*Site Altitude = 11,0 m*

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	6545	Cooling	6524	26,3	650	449	0	0

## System Psychrometrics for Split laboratorio

Project Name: Riga II EB Laboratorio  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:47

### WINTER DESIGN HEATING

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	-31,0	0,00021	445	400	-27859	0
Vent - Return Mixing	Outlet	-14,6	0,00021	650	404	-	-
Preheat Coil	Outlet	10,0	0,00021	650	404	19296	-
Central Cooling Coil	Outlet	10,0	0,00021	650	404	0	0
Central Heating Coil	Outlet	23,6	0,00021	650	404	10643	-
Supply Fan	Outlet	23,7	0,00021	650	404	76	-
Cold Supply Duct	Outlet	23,7	0,00021	650	404	-	-
Zone Air	-	20,9	0,00021	650	413	-2156	0
Return Plenum	Outlet	20,9	0,00021	650	413	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,206 W/(L/s-K)*

*Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2943,7 W/(L/s)*

*Site Altitude = 11,0 m*

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	-2201	Heating	-2156	20,9	650	413	0	0

# Air System Sizing Summary for Equipos salas eléctricas

Project Name: Riga II EB Salas Electricas  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:51

## Air System Information

Air System Name ..... Equipos salas eléctricas  
Equipment Class ..... CW AHU  
Air System Type ..... CAV/RH

Number of zones ..... 3  
Floor Area ..... 862,0 m<sup>2</sup>  
Location ..... Riga, Latvia

## Sizing Calculation Information

### Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s ..... Sum of space airflow rates  
Space L/s ..... Individual peak space loads

Calculation Months ..... Jan to Dec  
Sizing Data ..... Calculated

## Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load ..... 180,1 kW  
Sensible coil load ..... 177,6 kW  
Coil L/s at Jul 1500 ..... 7736 L/s  
Max block L/s ..... 7736 L/s  
Sum of peak zone L/s ..... 7736 L/s  
Sensible heat ratio ..... 0,986  
m<sup>2</sup>/kW ..... 4,8  
W/m<sup>2</sup> ..... 208,9  
Water flow @ 5,0 °K rise ..... 8,62 L/s

Load occurs at ..... Jul 1500  
OA DB / WB ..... 32,5 / 19,7 °C  
Entering DB / WB ..... 33,2 / 19,7 °C  
Leaving DB / WB ..... 14,1 / 12,9 °C  
Coil ADP ..... 12,0 °C  
Bypass Factor ..... 0,100  
Resulting RH ..... 28 %  
Design supply temp. .... 14,5 °C  
Zone T-stat Check ..... 3 of 3 OK  
Max zone temperature deviation ..... 0,0 °K

## Preheat Coil Sizing Data

Max coil load ..... 178,3 kW  
Coil L/s at Des Htg ..... 7736 L/s  
Max coil L/s ..... 7736 L/s  
Water flow @ 20,0 °K drop ..... 2,13 L/s

Load occurs at ..... Des Htg  
Ent. DB / Lvg DB ..... 6,4 / 25,5 °C

## Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s ..... 7736 L/s  
Standard L/s ..... 7726 L/s  
Actual max L/(s-m<sup>2</sup>) ..... 8,97 L/(s-m<sup>2</sup>)

Fan motor BHP ..... 4,88 BHP  
Fan motor kW ..... 3,64 kW  
Fan static ..... 400 Pa

## Return Fan Sizing Data

Actual max L/s ..... 7736 L/s  
Standard L/s ..... 7726 L/s  
Actual max L/(s-m<sup>2</sup>) ..... 8,97 L/(s-m<sup>2</sup>)

Fan motor BHP ..... 3,71 BHP  
Fan motor kW ..... 2,76 kW  
Fan static ..... 300 Pa

## Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s ..... 2195 L/s  
L/(s-m<sup>2</sup>) ..... 2,55 L/(s-m<sup>2</sup>)

L/s/person ..... 0,00 L/s/person



# System Psychrometrics for Equipos salas eléctricas

Project Name: Riga II EB Salas Electricas  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:53

July DESIGN COOLING DAY, 1500

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	32,5	0,00910	2195	400	5968	2228
Vent - Return Mixing	Outlet	33,2	0,00885	7736	422	-	-
Preheat Coil	Outlet	33,2	0,00885	7736	422	0	-
Central Cooling Coil	Outlet	14,1	0,00874	7736	422	177600	2504
Supply Fan	Outlet	14,5	0,00874	7736	422	3640	-
Cold Supply Duct	Outlet	14,5	0,00874	7736	422	-	-
Zone Air	-	33,1	0,00876	7736	430	165677	462
Zone Direct Exhaust	Outlet	33,1	0,00876	1333	430	-	-
Return Plenum	Outlet	33,1	0,00876	6403	430	0	-
Return Fan	Outlet	33,4	0,00876	6403	430	2314	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,206 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2943,7 W/(L/s)

Site Altitude = 11,0 m

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Sala de baterías	21631	Deadband	22013	28,2	1333	431	0	0
Sala eléctrica	128781	Deadband	127413	34,8	5211	430	0	0
Sala electrónica	16530	Deadband	16252	25,8	1192	430	0	0

# System Psychrometrics for Equipos salas eléctricas

Project Name: Riga II EB Salas Electricas  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:53

## WINTER DESIGN HEATING

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	-31,0	0,00021	2195	400	-139726	0
Vent - Return Mixing	Outlet	6,4	0,00021	7736	420	-	-
Preheat Coil	Outlet	25,5	0,00021	7736	420	178299	-
Central Cooling Coil	Outlet	25,5	0,00021	7736	420	0	0
Supply Fan	Outlet	25,9	0,00021	7736	420	3640	-
Cold Supply Duct	Outlet	25,9	0,00021	7736	420	-	-
Zone Air	-	20,9	0,00021	7736	428	-44528	-2
Zone Direct Exhaust	Outlet	20,9	0,00021	1333	428	-	-
Return Plenum	Outlet	20,9	0,00021	6403	428	0	-
Return Fan	Outlet	21,2	0,00021	6403	428	2314	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,206 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2943,7 W/(L/s)

Site Altitude = 11,0 m

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Sala de baterías	-5187	Deadband	-5941	22,2	1333	428	0	0
Sala eléctrica	-23984	Deadband	-31544	20,9	5211	428	0	0
Sala electrónica	-6682	Deadband	-7042	21,0	1192	428	0	0

## Air System Sizing Summary for Default System

Project Name: Riga II EB Planta de control  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:54

### Air System Information

Air System Name ..... **Default System**  
Equipment Class ..... **CW AHU**  
Air System Type ..... **4PIND**

Number of zones ..... **15**  
Floor Area ..... **693,5** m<sup>2</sup>  
Location ..... **Riga, Latvia**

### Sizing Calculation Information

#### Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s ..... **Sum of space airflow rates**  
Space L/s ..... **Individual peak space loads**

Calculation Months ..... **Jan to Dec**  
Sizing Data ..... **Calculated**

### Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load ..... **30,3** kW  
Sensible coil load ..... **30,3** kW  
Coil L/s at Jul 1500 ..... **1486** L/s  
Max block L/s ..... **1486** L/s  
Sum of peak zone L/s ..... **1486** L/s  
Sensible heat ratio ..... **1,000**  
m<sup>2</sup>/kW ..... **22,9**  
W/m<sup>2</sup> ..... **43,6**  
Water flow @ 5,0 °K rise ..... **1,45** L/s

Load occurs at ..... **Jul 1500**  
OA DB / WB ..... **32,5 / 19,7** °C  
Entering DB / WB ..... **32,5 / 19,7** °C  
Leaving DB / WB ..... **15,6 / 13,8** °C  
Coil ADP ..... **13,7** °C  
Bypass Factor ..... **0,100**  
Resulting RH ..... **48** %  
Design supply temp. .... **16,0** °C  
Zone T-stat Check ..... **15 of 15** OK  
Max zone temperature deviation ..... **0,0** °K

### Preheat Coil Sizing Data

Max coil load ..... **98,0** kW  
Coil L/s at Des Htg ..... **1486** L/s  
Max coil L/s ..... **1486** L/s  
Water flow @ 20,0 °K drop ..... **1,17** L/s

Load occurs at ..... **Des Htg**  
Ent. DB / Lvg DB ..... **-31,0 / 23,7** °C

### Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s ..... **1486** L/s  
Standard L/s ..... **1484** L/s  
Actual max L/(s-m<sup>2</sup>) ..... **2,14** L/(s-m<sup>2</sup>)

Fan motor BHP ..... **0,94** BHP  
Fan motor kW ..... **0,70** kW  
Fan static ..... **400** Pa

### Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s ..... **1486** L/s  
L/(s-m<sup>2</sup>) ..... **2,14** L/(s-m<sup>2</sup>)

L/s/person ..... **20,93** L/s/person

## System Psychrometrics for Default System

Project Name: Riga II EB Planta de control  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:54

**July DESIGN COOLING DAY, 1500**

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	32,5	0,00910	1486	400	11443	-4107
Preheat Coil	Outlet	32,5	0,00910	1486	400	0	-
Central Cooling Coil	Outlet	15,6	0,00910	1486	400	30260	0
Supply Fan	Outlet	16,0	0,00910	1486	400	699	-
Cold Supply Duct	Outlet	16,0	0,00910	1486	400	-	-
Zone Air	-	26,1	0,01004	1486	638	127391	4121
Return Plenum	Outlet	26,1	0,01004	1486	638	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,206 W/(L/s-K)*

*Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2943,7 W/(L/s)*

*Site Altitude = 11,0 m*

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Control Room	19034	Cooling	19022	26,0	153	533	0	0
Communication Room	7338	Cooling	7336	26,0	69	548	0	0
Office 1	3907	Cooling	3904	26,0	42	626	0	0
Office 2	3736	Cooling	3732	26,0	28	727	0	0
Meeting Room	5976	Cooling	5973	26,0	83	948	0	0
Smoking Room	5031	Cooling	5031	26,0	181	522	0	0
Canteen	7617	Cooling	7613	26,0	69	851	0	0
Technical Room	9928	Cooling	9924	26,0	83	520	0	0
Equipment Room	3740	Cooling	3737	26,0	28	737	0	0
Tech. Office	48610	Cooling	48576	26,0	375	718	0	0
Medical Room	3806	Cooling	3804	26,0	42	517	0	0
Cleaning Room	2000	Cooling	1996	26,0	28	731	0	0
Corridor	3924	Cooling	3920	26,0	83	400	0	0
Changing Ladies	1317	Deadband	1349	26,1	111	643	0	0
Changing Men	1526	Deadband	1476	27,0	111	641	0	0

## System Psychrometrics for Default System

Project Name: Riga II EB Planta de control  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:54

### WINTER DESIGN HEATING

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	-31,0	0,00021	1486	400	-94172	0
Preheat Coil	Outlet	23,7	0,00021	1486	400	97998	-
Central Cooling Coil	Outlet	23,7	0,00021	1486	400	0	0
Supply Fan	Outlet	24,1	0,00021	1486	400	699	-
Cold Supply Duct	Outlet	24,1	0,00021	1486	400	-	-
Zone Air	-	21,6	0,00021	1486	400	-40974	3
Return Plenum	Outlet	21,6	0,00021	1486	400	0	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,206 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2943,7 W/(L/s)

Site Altitude = 11,0 m

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Control Room	-5038	Heating	-5029	21,0	153	400	0	0
Communication Room	-1299	Heating	-1297	21,0	69	400	0	0
Office 1	-1651	Heating	-1648	21,0	42	400	0	0
Office 2	-1462	Heating	-1460	21,0	28	400	0	0
Meeting Room	-2118	Heating	-2115	21,0	83	400	0	0
Smoking Room	-1242	Heating	-1242	21,0	181	400	0	0
Canteen	-1507	Heating	-1505	21,0	69	400	0	0
Technical Room	-1382	Heating	-1380	21,0	83	400	0	0
Equipment Room	-912	Heating	-910	21,0	28	400	0	0
Tech. Office	-15138	Heating	-15114	21,0	375	400	0	0
Medical Room	-1310	Heating	-1308	21,0	42	400	0	0
Cleaning Room	-1721	Heating	-1717	21,0	28	400	0	0
Corridor	-3325	Heating	-3318	21,0	83	400	0	0
Changing Ladies	-1300	Heating	-1298	25,0	111	400	0	0
Changing Men	-1637	Heating	-1635	25,0	111	400	0	0

## Air System Design Load Summary for Sala de cables

Project Name: Riga II EB Transmisiones  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:58

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1600 COOLING OA DB / WB 32,2 °C / 19,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -31,0 °C / -31,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	270 m²	-633	-	270 m²	3565	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	4 m²	-64	-	4 m²	259	-
Floor Transmission	560 m²	0	-	560 m²	3448	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	5040 W	5040	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	-1464	234	-	7127	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	2879	234	-	14399	0
Zone Conditioning	-	2755	234	-	14370	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	90 L/s	0	-	90 L/s	0	-
Ventilation Load	0 L/s	0	0	0 L/s	0	0
Supply Fan Load	90 L/s	0	-	90 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	2755	234	-	14370	0
Central Cooling Coil	-	2755	234	-	0	0
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	14370	-
>> Total Conditioning	-	2755	234	-	14370	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

# Air System Design Load Summary for Escalera Este y Halls

Project Name: Riga II EB Transmisiones  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:56

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1400 COOLING OA DB / WB 32,2 °C / 19,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -31,0 °C / -31,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	6 m²	1099	-	6 m²	-	-
Wall Transmission	227 m²	699	-	227 m²	4124	-
Roof Transmission	19 m²	162	-	19 m²	247	-
Window Transmission	6 m²	131	-	6 m²	1061	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	4 m²	44	-	4 m²	355	-
Floor Transmission	41 m²	0	-	41 m²	386	-
Partitions	93 m²	828	-	93 m²	758	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	1536 W	1536	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	382	97	-	2395	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	4881	97	-	9327	0
Zone Conditioning	-	4610	97	-	273	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	368 L/s	0	-	368 L/s	0	-
Ventilation Load	0 L/s	0	0	0 L/s	0	0
Supply Fan Load	368 L/s	273	-	368 L/s	-273	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	4882	97	-	0	0
Central Cooling Coil	-	4882	97	-	0	0
>> Total Conditioning	-	4882	97	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

## Air System Design Load Summary for Escalera Sur

Project Name: Riga II EB Transmisiones  
Prepared by: EASA

01/05/2011  
08:58

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1400 COOLING OA DB / WB 32,2 °C / 19,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -31,0 °C / -31,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	3 m²	718	-	3 m²	-	-
Wall Transmission	118 m²	-256	-	118 m²	1560	-
Roof Transmission	17 m²	56	-	17 m²	159	-
Window Transmission	3 m²	-98	-	3 m²	387	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	2 m²	-33	-	2 m²	129	-
Floor Transmission	17 m²	0	-	17 m²	256	-
Partitions	93 m²	-194	-	93 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	408 W	408	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	-167	31	-	811	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	434	31	-	3302	0
Zone Conditioning	-	404	31	-	3289	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	13 L/s	0	-	13 L/s	0	-
Ventilation Load	0 L/s	0	0	0 L/s	0	0
Supply Fan Load	13 L/s	0	-	13 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	404	31	-	3289	0
Central Cooling Coil	-	404	31	-	0	0
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	3289	-
>> Total Conditioning	-	404	31	-	3289	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		



## **ANEXO F**

### **CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PARA LA CIUDAD DE RIGA, SEGÚN ASHRAE**

## RIGA, Latvia

WMO#: 264225

Lat: **56.92N** Long: **23.97E** Elev: **11** StdP: **101.19** Time Zone: **2.00 (EUE)** Period: **94-06** WBAN: **99999**

## Annual Heating and Humidification Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB	
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD
<b>1</b>	<b>-18.2</b>	<b>-14.1</b>	<b>-21.2</b>	<b>0.6</b>	<b>-18.3</b>	<b>-17.0</b>	<b>0.8</b>	<b>-13.5</b>	<b>12.4</b>	<b>0.5</b>	<b>10.1</b>	<b>-0.7</b>	<b>1.6</b>	<b>190</b>

## Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%	1%	2%	0.4%	1%	2%	0.4%	1%	2%	0.4%	1%	2%	MCWS	PCWD
<b>7</b>	<b>10.2</b>	<b>28.9</b>	<b>20.1</b>	<b>27.1</b>	<b>19.6</b>	<b>25.8</b>	<b>18.6</b>	<b>21.6</b>	<b>26.8</b>	<b>20.4</b>	<b>25.1</b>	<b>19.4</b>	<b>23.9</b>	<b>4.0</b>	<b>350</b>

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Hours 8 to 4 & 12.8/20.6
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
<b>19.8</b>	<b>14.6</b>	<b>24.4</b>	<b>18.8</b>	<b>13.6</b>	<b>22.9</b>	<b>17.8</b>	<b>12.8</b>	<b>21.8</b>	<b>62.8</b>	<b>26.7</b>	<b>58.3</b>	<b>25.2</b>	<b>54.9</b>	<b>23.8</b>	<b>849</b>

## Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Max WB	Extreme Annual DB				n-Year Return Period Values of Extreme DB							
1%	2.5%	5%		Mean	Standard deviation	n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years			
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>9.1</b>	<b>8.1</b>	<b>7.3</b>	<b>26.0</b>	<b>-22.9</b>	<b>31.6</b>	<b>4.0</b>	<b>2.1</b>	<b>-25.8</b>	<b>33.1</b>	<b>-28.1</b>	<b>34.3</b>	<b>-30.4</b>	<b>35.5</b>	<b>-33.3</b>	<b>37.0</b>

## Monthly Climatic Design Conditions

		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	Tavg	7.5	-2.4	-2.1	0.3	7.1	11.9	15.9	19.0	18.0	13.0	7.8	2.2	-1.8
	Sd		5.40	5.40	4.29	4.58	4.05	3.35	3.04	2.58	3.31	3.92	4.62	5.53
	HDD10.0	1863	384	340	299	113	25	1	0	0	11	90	235	364
	HDD18.3	4064	643	573	558	338	204	88	27	37	162	327	484	623
	CDD10.0	936	0	0	0	24	84	177	279	249	101	21	1	0
	CDD18.3	96	0	0	0	0	4	14	48	28	1	0	0	0
	CDH23.3	888	0	0	0	12	52	142	409	259	14	0	0	0
	CDH26.7	196	0	0	0	1	8	31	110	46	1	0	0	0
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures	0.4%	DB	8.1	8.2	14.9	25.1	27.9	30.1	32.0	29.9	25.2	18.8	12.1	10.1
		MCWB	7.4	6.2	9.3	15.9	19.3	20.9	21.4	19.8	18.1	14.4	9.9	9.1
	2%	DB	5.9	6.9	11.1	21.8	24.2	27.2	29.2	28.0	22.9	16.2	10.2	7.8
		MCWB	4.9	5.6	6.7	13.6	16.2	19.8	20.7	19.3	17.1	13.6	9.0	7.1
	5%	DB	4.1	6.0	8.0	18.0	22.1	24.8	27.4	26.2	20.9	14.8	9.1	6.1
		MCWB	3.4	4.8	5.5	11.6	14.8	18.1	20.3	18.7	16.0	12.5	8.4	5.6
	10%	DB	3.2	4.8	6.1	15.1	19.8	22.8	25.8	24.2	18.9	13.2	8.1	5.0
		MCWB	2.6	3.9	4.1	9.7	13.7	16.8	19.4	17.8	15.1	11.6	7.5	4.4
Monthly Design Wet Bulb and Mean Coincident Dry Bulb Temperatures	0.4%	WB	7.5	7.0	9.7	16.4	19.6	22.2	23.7	22.5	19.3	15.3	10.6	9.2
		MCDB	7.8	7.5	14.7	24.3	26.8	27.7	29.0	27.1	23.0	17.3	11.5	9.9
	2%	WB	4.7	5.5	7.4	14.0	17.5	20.1	22.1	20.6	17.5	14.1	9.3	6.8
		MCDB	5.3	6.3	10.0	20.2	22.9	25.5	27.5	25.0	21.2	15.8	9.9	7.2
	5%	WB	3.4	4.6	5.7	12.3	15.8	18.7	21.0	19.5	16.4	13.1	8.4	5.6
		MCDB	3.8	5.5	7.3	17.3	20.6	23.4	26.0	24.1	19.4	14.5	8.9	5.9
	10%	WB	2.6	3.6	4.3	10.5	14.3	17.6	19.8	18.6	15.4	12.0	7.4	4.1
		MCDB	3.0	4.3	5.6	14.2	18.7	21.7	24.1	23.4	18.3	13.4	7.9	4.5
Mean Daily Temperature Range	5% DB	MCDBR	4.7	5.7	8.2	10.0	10.8	10.0	10.2	10.5	9.7	6.7	4.6	4.6
		MCWBR	4.8	5.3	10.8	14.7	14.5	13.7	13.1	13.9	12.3	8.1	5.0	4.0
	5% WB	MCDBR	4.5	4.4	7.8	8.4	8.0	7.1	6.3	6.9	7.4	5.7	4.5	3.9
		MCWBR	4.5	4.9	9.7	13.6	13.3	11.6	11.8	11.5	10.5	7.1	4.6	4.0
Clear Sky Solar Irradiance	taub		0.308	0.334	0.365	0.430	0.400	0.390	0.426	0.428	0.400	0.350	0.347	0.312
		taud	2.356	2.169	2.076	1.919	2.088	2.218	2.076	2.048	2.099	2.246	2.190	2.399
	Ebn,noon		591	705	777	775	835	850	806	772	731	678	505	494
		Edh,noon	63	96	127	165	148	132	149	144	122	88	69	51

CDDn Cooling degree-days base n°C, °C-day  
 CDHn Cooling degree-hours base n°C, °C-hour  
 DB Dry bulb temperature, °C  
 DP Dew point temperature, °C  
 Ebn,noon } Clear sky beam normal and diffuse horizontal irradiances at solar noon, W/m<sup>2</sup>  
 Edh,noon }  
 Elev Elevation, m  
 Enth Enthalpy, kJ/kg  
 HDDn Heating degree-days base n°C, °C-day  
 Hours 8/4 & 12.8/20.6 Number of hours between 8 a.m. and 4 p.m. with DB between 12.8 and 20.6 °C  
 HR Humidity ratio, g of moisture per kg of dry air

Lat Latitude, °  
 Long Longitude, °  
 MCDB Mean coincident dry bulb temperature, °C  
 MCDBR Mean coincident dry bulb temp. range, °C  
 MCDP Mean coincident dew point temperature, °C  
 MCWB Mean coincident wet bulb temperature, °C  
 MCWBR Mean coincident wet bulb temp. range, °C  
 MCWS Mean coincident wind speed, m/s  
 MDBR Mean dry bulb temp. range, °C  
 PCWD Prevailing coincident wind direction, °, 0 = North, 90 = East

Period Years used to calculate the design conditions  
 Sd Standard deviation of daily average temperature, °C  
 StdP Standard pressure at station elevation, kPa  
 taub Clear sky optical depth for beam irradiance  
 taud Clear sky optical depth for diffuse irradiance  
 Tavg Average temperature, °C  
 Time Zone Hours ahead or behind UTC, and time zone code  
 WB Wet bulb temperature, °C  
 WBAN Weather Bureau Army Navy number  
 WMO# World Meteorological Organization number  
 WS Wind speed, m/s

## **ANEXO G**

### **MUESTRA DE CATÁLOGOS DE LOS PRODUCTOS SELECCIONADOS**

	CLAVE	CF-11	CF-21	CF-31	CF-41	CF-51
UNIDAD BÁSICA (4R)	2T	619,19	682,46	970,38	1.186,15	1.401,40
UNIDAD BÁSICA (4+1R)	4T	700,28	776,06	1.095,08	1.313,91	1.573,06
SUPLEMENTO PLASTIFICADO	SP	37,91	40,66	47,25	55,85	69,91

NOTA: Incluye embalaje

ACCESORIOS	CLAVE	CF-11	CF-21	CF-31	CF-41	CF-51
PLENUM DE ASPIRACIÓN	PA	214,57	232,56	276,38	312,71	358,92
SUPLEMENTO PLASTIFICADO	PASP	28,27	32,27	37,73	46,75	61,51
PLENUM DE IMPULSIÓN	PI	151,54	159,24	187,93	223,88	245,73
SUPLEMENTO PLASTIFICADO	PISP	29,01	33,42	41,06	50,97	67,24
PLENUM SALIDA CON SILENCIADOR	PS	243,46	258,07	357,50	464,76	563,73
SUPLEMENTO PLASTIFICADO		Solución única en chapa galvanizada				
REGISTRO FILTRO LATERAL Y EMBOCAD.	ALF	45,92	52,74	61,87	70,64	81,15
SUPLEMENTO PLASTIFICADO	ALFSP	14,50	16,70	20,53	25,48	33,60
PLENUM CON BATERÍA ELÉCTRICA (Kw) 1 ETAPA 220V INCLUYE CLIXON DE SEGURIDAD (Consultar otras posibles potencias y número de etapas)	BE 2	300,85			403,85	
	BE 2,5		331,96			458,35
	BE 3	324,60		380,19		
	BE 4	347,22			441,43	
	BE 5		384,37			506,36
	BE 6	391,43		441,02	480,08	
	BE 7,5		434,58			555,48
	BE 9	511,39		503,02		
	BE 10		507,56			603,47
	BE 12			555,68	591,66	
	BE 15					698,36
SUPLEMENTO PLASTIFICADO	BESP	29,01	33,42	41,06	50,97	67,24
INTERRUPTOR TIPO SETA (Sin cablear)	I	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04

REGULACIÓN Y CONTROL		Ver Precios en la Tarifa de Regulación y Control				
KIT DE VÁLVULAS FAN-COIL A 2T	K 2T	1/2"	1/2"	3/4"	1"	1"
KIT DE VÁLVULAS FAN-COIL A 4T	K 4T	1/2"-1/2"	1/2"-1/2"	3/4"-1/2"	1"-1/2"	1"-1/2"
TERMOSTATOS	TAC					
	TAC I/V					
	TAC I/V C					
	TA 4C					
CONMUTADOR 3 VELOCIDADES	RV					

REPUESTOS	CF-11	CF-21	CF-31	CF-41	CF-51
GRUPO MOTOVENTILADOR (C/ FRONTAL)	291,62	316,69	407,69	613,16	664,93
MOTOR (UNITARIO 41/51)	170,28	171,90	198,59	171,90	198,13
BATERÍA 4R	244,09	289,14	370,58	463,38	619,58
BATERÍA 4+1R	342,86	396,88	501,45	610,33	815,67
FILTROS (JUEGO)	14,89	16,18	28,02	33,04	47,41

Conexiones estándar: Derecha

Los accesorios (PLENUM) se enviarán montados en la unidad básica y paletizados (sin embalaje de cartón)



# COMFORT INVERTER BOMBA DE CALOR

CONDUCTOS  
INVERTER / SPLIT / SKY AIR

CONDUCTOS			BQ35C	BQ50C	BQ60C	BQS71C	BQS100C	BQS125C	BQS140C
Refrigeración	Mín-Nom-Máx	W kcal/h	1.400-3.400-3.800 1.204-2.924-3.268	1.700-5.000-5.300 1.462-4.300-4.550	1.700-5.700-6.500 1.462-4.902-5.590	-7.100/- -6.106/-	-10.000/- -8.600/-	-12.500/- -10.750/-	-13.400/- -11.524/-
Calefacción	Mín-Nom-Máx	W kcal/h	1.400-4.000-5.000 1.204-3.440-4.300	1.700-6.000-6.000 1.462-5.160-5.160	1.700-7.000-8.000 1.462-6.020-6.880	-8.000/- -6.880/-	-11.200/- -9.632/-	-14.000/- -12.040/-	-15.000/- -12.900/-
Refrigeración	Mín-Nom-Máx	W	290-1.170-1.435 300-1.220-1.520	390-1.920-1.750 425-1.870-2.250	440-2.190-2.300 400-2.500-2.180	-2.180/- -2.250/-	-3.030/- -3.070/-	-3.980/- -4.110/-	-4.770/- -4.670/-
Líquido		mm	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")
Gas		mm	ø 9,5 (3/8")	ø 12,7 (1/2")	ø 12,7 (1/2")	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")
Alimentación			I/220V	I/220V	I/220V	I/220V	I/220V	I/220V	I/220V
Refrigeración			3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T
Refriger. / Calef.			2,91 / 3,28	2,60 / 3,21	2,60 / 2,80	3,26 / 3,55	3,30 / 3,65	3,14 / 3,41	2,81 / 3,21
Refriger. / Calef.			C / C	E / C	E / E	C / C	D / C	C / C	D / D
Refrigeración		kWh	585	960	1.095	1.089	1.515	1.990	2.348

PROPIEDADES DE CONDUCTOS			FBQ35C	FBQ50C	FBQ60C	FBQ71C	FBQ100C	FBQ125C	FBQ140C
Refrigeración	(A/B)	m³/min	16 / 11	16 / 11	18 / 15	18 / 15	32 / 23	39 / 28	39 / 28
Calefacción			16 / 11	16 / 11	18 / 15	18 / 15	32 / 23	39 / 28	41 / 29
Estándar/Alta		mmH₂O	5 / 9	5 / 9	5 / 9	5 / 9	5 / 9	5 / 9	5 / 9
Ador		Nº	2	2	2	3	3	3	3
Alto		mm	300	300	300	300	300	300	300
Ancho		mm	700	700	700	700	700	700	700
Fondo		mm	700	700	700	700	700	700	700
		Kg	25,0	25,0	34,0	34,0	45,0	45,0	45,0
Refrigeración	(A/B)	dBa	37 / 29	37 / 29	37 / 29	37 / 29	38 / 32	40 / 33	40 / 33
Calefacción			37 / 29	37 / 29	37 / 29	37 / 29	38 / 32	40 / 33	40 / 33
Modelo			BYBS45	BYBS45	BYBS71	BYBS71	BYBS125	BYBS125	BYBS125

PROPIEDADES			RXS35G	RXS50G	RXS60F	RZQS71D	RZQS100D	RZQS125D	RZQS140D
Refrigeración	(A/B)	m³/min	36,0 / 31,4 30,2 / 22,6	50,9 / 48,9 45,0 / 43,1	50,9 / - 46,3 / -	52,0 / - 48,0 / -	96,0 / - 90,0 / -	- / 100,0 / - - / 90,0 / -	- / 97,0 / - - / 90,0 / -
Calefacción			SWING R-410A	SWING R-410A	SWING R-410A	SWING R-410A	SWING R-410A	SCROLL R-410A	SCROLL R-410A
Alto		mm	550	735	735	770	1.170	1.170	1.170
Ancho		mm	765	825	825	900	900	900	900
Fondo		mm	285	300	300	320	320	320	320
		Kg	34,0	48,0	48,0	68,0	103,0	103,0	103,0
Refrigeración	(A/B)	dBa	48 / 44 48 / 45	48 / 44 48 / 45	49 / 46 49 / 46	51 51	55	53	54
Refrigeración		m	10	10	10				
Refrigeración		gr/m	20	20	20				

			BQ35C	BQ50C	BQ60C	BQS71C	BQS100C	BQS125C	BQS140C
Longitud de tubería (L)	m		20	30	30	30 (40 equiv.)	50 (70 equiv.)	50 (70 equiv.)	50 (70 equiv.)
Longitud máxima (H)	m		15	20	20	15	30	30	30

## REQUISITOS PARA EL MONTAJE DEL REFRIGERANTE (MONTAJE PAR) R-410A

La longitud de la tubería conectada se encuentra entre  
30-40 m      40-50 m

+ 0,5 kg      + 1,0 kg

En montajes twin, consulte el manual de instalación.

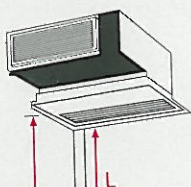


**NOTA**  
Las capacidades se basan en las condiciones siguientes:

1. Refrigeración: temperatura interior 27° CBS, 19° CBH; temperatura exterior 35° CBS
2. Calefacción: temperatura interior 20° CBS, temperatura exterior 7° CBS, 6° CBH
3. Longitud de tubería refrigerante: 7,5 m, alimentación: 220V/50

### NOTA

1. Etiqueta de Eficiencia Energética: varía de A (más eficiente) a G (menos eficiente)
2. Consumo energético anual: Basado en un uso promedio de 500 horas de funcionamiento/año a plena carga (=condiciones nominales)







### Serie AWG

Altura H en mm	Ancho B en mm								
	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
330	121,20	150,70	181,40	211,80	242,00	272,80	302,80	333,70	363,80
495	157,10	195,90	232,60	269,90	308,20	347,70	385,80	423,30	461,50
660	195,40	240,70	285,00	330,00	375,60	422,70	468,10	513,60	559,20
825	232,70	285,80	337,20	389,60	442,60	495,50	550,60	603,80	653,70
990	270,00	328,80	389,20	449,80	509,80	570,00	633,40	690,60	751,10
1155	306,00	373,50	441,30	511,80	579,80	647,90	715,90	784,20	848,20
1320	342,90	418,50	493,50	569,10	647,20	723,00	798,30	873,90	945,00
1485	380,00	463,30	545,70	628,50	714,60	797,80	881,30	959,50	1.042,30
1650	417,50	507,80	597,90	688,40	782,30	873,10	963,60	1.049,40	1.139,30
1815	454,70	552,40	650,10	747,70	849,80	947,80	1.046,20	1.138,80	1.236,60
1980	491,90	597,00	702,60	807,80	913,10	1.018,00	1.123,60	1.228,80	1.333,90

#### Ejecución:

Marco y lamas en perfiles de aluminio extruido. Tela metálica con la malla de 20 x 20.

Los precios sombreados corresponden al material de stock

### Serie WG

Altura H en mm	Ancho B en mm								
	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
330	99,00	121,60	144,50	168,10	190,70	217,70	239,40	263,00	286,90
495	115,90	142,70	170,40	198,20	223,20	256,20	282,10	309,80	337,70
660	134,10	164,40	196,50	227,50	257,40	292,40	324,60	356,90	388,60
825	151,50	185,90	222,40	256,30	285,60	331,00	367,30	403,60	439,70
990	167,80	208,00	248,30	285,50	319,00	369,60	409,40	450,00	490,70
1155	185,20	230,10	274,70	314,80	351,90	405,30	452,60	497,10	541,30
1320	203,10	251,80	298,20	344,80	385,60	446,30	495,30	543,70	592,30
1485	220,90	273,70	324,00	367,30	418,50	485,10	537,80	590,70	643,20
1650	244,40	298,40	352,80	409,60	466,50	523,40	580,20	637,10	694,30
1815	259,90	317,50	378,60	439,60	500,50	584,40	623,10	684,10	745,10
1980	278,30	339,60	404,40	469,80	532,20	600,50	665,50	730,90	796,10

#### Ejecución:

Marco y lamas de chapa perfilada de acero galvanizado. Tela metálica con malla de 20 x 20.

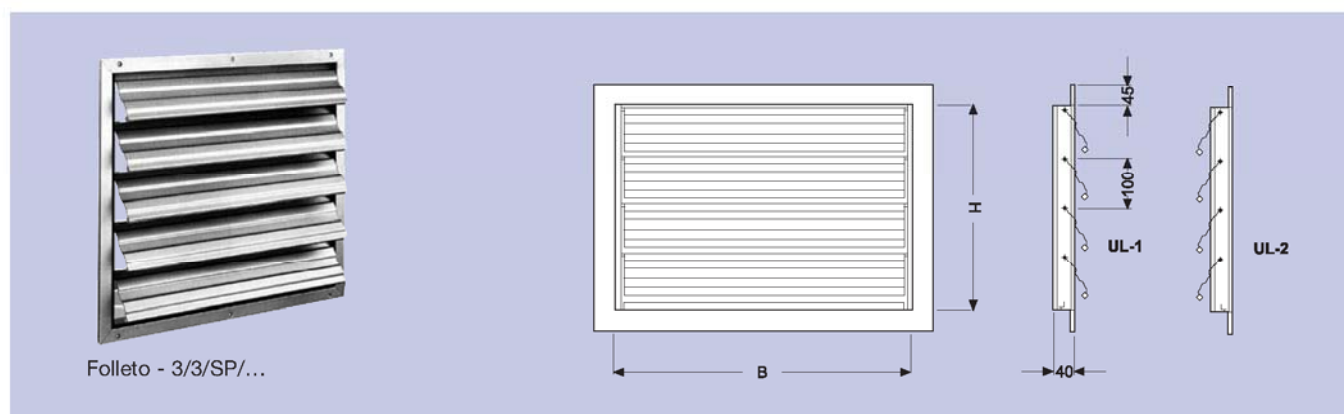
### Serie WG · AWG · Marco de Montaje 11

Altura H en mm	Ancho B en mm								
	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
330	54,80	63,20	72,10	79,30	87,50	95,80	104,40	112,80	121,10
495	61,40	70,20	79,50	85,80	94,20	102,60	111,40	120,00	125,80
660	67,70	76,80	85,10	92,70	101,00	109,50	118,10	126,50	135,30
825	74,60	83,40	91,90	99,50	107,70	116,20	125,30	133,90	142,60
990	81,10	89,30	98,90	106,10	114,60	123,30	131,80	140,90	149,40
1155	88,30	95,30	105,60	112,80	121,20	130,30	139,00	147,90	156,80
1320	93,90	102,10	112,70	119,40	128,30	137,20	146,20	155,30	163,90
1485	100,50	108,40	119,40	126,00	135,00	144,20	153,00	162,00	171,00
1650	106,10	115,40	126,30	132,70	142,00	150,60	159,80	169,20	178,20
1815	113,60	121,20	133,40	139,80	148,80	157,70	167,10	176,10	185,00
1980	119,40	128,20	140,40	146,70	155,50	164,70	174,00	183,10	192,30

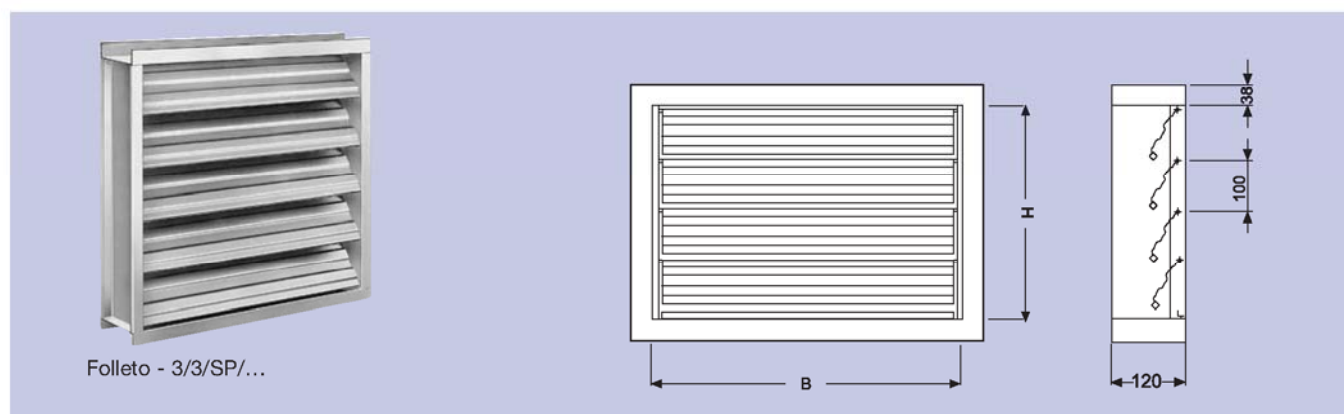
#### Ejecución:

Perfiles de chapa de acero galvanizado 35/35/3. Código de pedido 11.

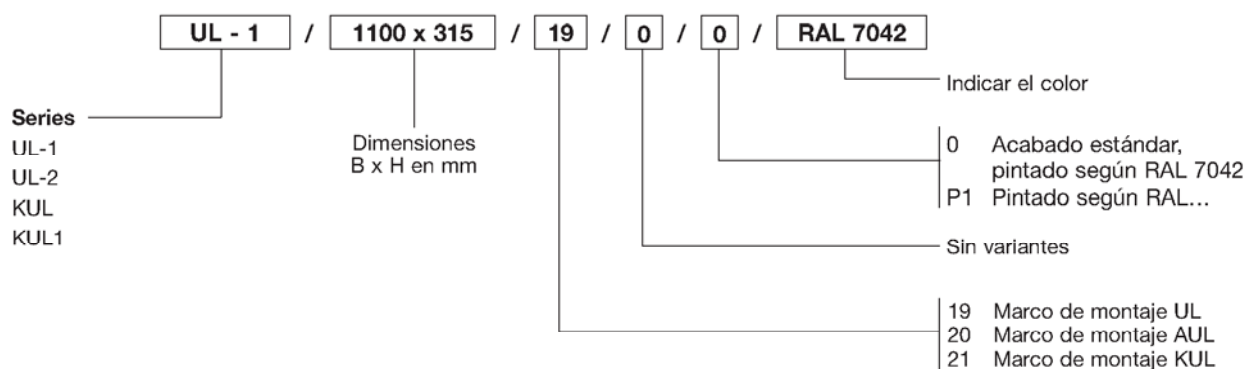
**Series AUL-1 · AUL-2 · UL-1 · UL-2**



**Serie KUL**



**Series AUL-1 · AUL-2 · UL-1 · UL-2 · Código de Pedido**



**Series AUL-1 · AUL-2**

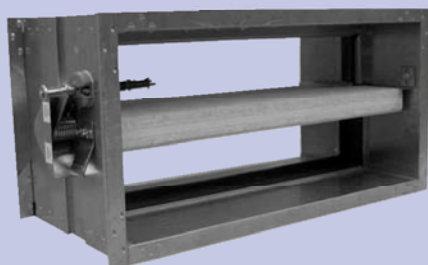
Altura H en mm	Ancho B en mm						
	300	400	500	600	800	1000	1200
215	64,90	73,50	81,90	90,50	105,90	125,30	142,60
315	86,30	95,90	104,40	111,90	130,10	151,00	168,20
415	107,30	117,30	127,10	135,30	154,20	176,80	194,10
515	128,80	139,00	149,80	158,00	180,70	202,90	220,00

**Ejecución:**

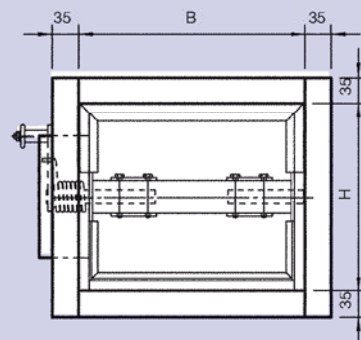
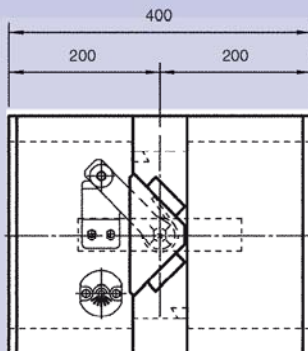
Marcos y lamas de aluminio, ejes de latón, articulables en plástico PVC y juntas en espuma poliéster.



### Serie FKA-3.5



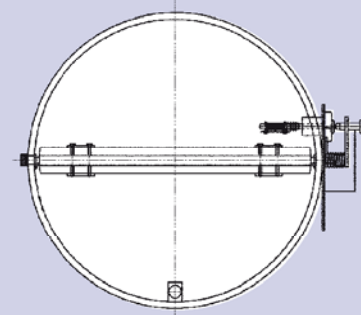
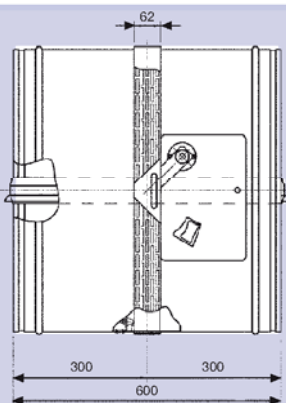
Folleto - I.P.



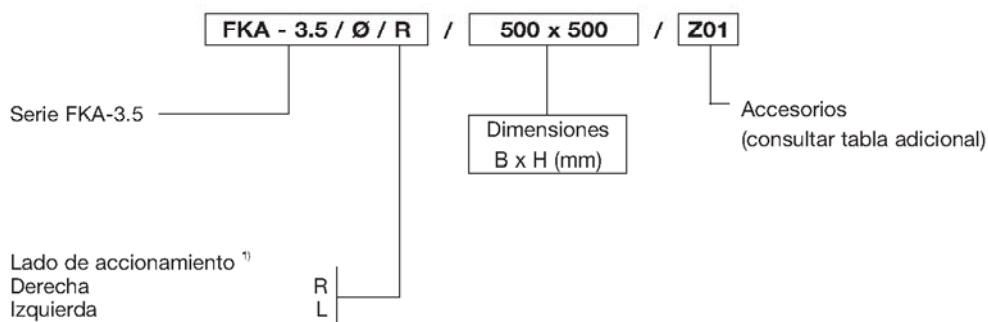
### Serie FRK-3.7



Folleto - I.P.

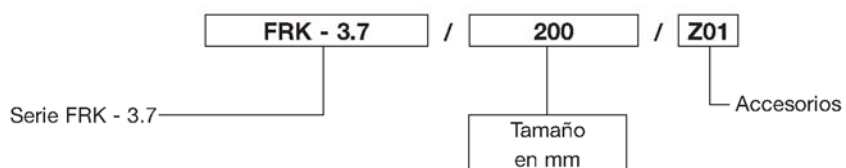


### Serie FKA-3.5 · Código de Pedido



<sup>1)</sup> A falta de esta indicación se suministrará ejecución derecha

### Serie FRK - 3.7 · Código de Pedido



**Serie FKA-3.5**

Ancho B en mm	Altura H en mm												
	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
200	349,00	360,20	371,30	383,00	394,70	406,70	418,80	431,20	443,70	454,80	465,70	479,60	491,10
250	360,70	372,90	385,00	397,60	410,40	423,60	436,60	450,10	463,70	475,80	487,80	503,00	515,40
300	372,30	385,60	398,60	412,40	426,20	440,40	454,50	469,10	483,70	496,90	509,90	526,30	539,80
350	384,20	398,40	412,50	427,20	442,10	457,40	472,60	488,30	504,00	518,10	532,20	549,90	564,50
400	396,10	411,30	426,40	442,30	458,00	474,30	490,70	507,50	524,40	539,50	554,60	573,50	589,10
450	408,20	424,40	440,50	457,40	474,20	491,70	509,00	526,90	544,80	564,00	583,00	603,00	619,80
500	420,40	437,50	454,50	472,40	490,50	508,90	527,40	546,40	565,40	588,40	611,40	632,50	650,50
550	438,30	456,60	475,00	494,40	513,70	536,60	559,40	580,40	601,50	623,20	644,90	667,90	687,30
600	456,20	475,90	495,50	516,30	536,90	564,30	591,60	614,70	637,60	657,90	678,40	703,30	724,30
650	466,80	487,50	508,20	532,60	557,20	582,80	608,30	632,30	656,40	677,80	699,10	725,30	747,30
700	477,50	499,20	520,70	549,20	577,40	601,30	625,10	650,20	675,30	697,60	720,00	747,40	770,40
750	493,80	516,50	539,10	565,60	592,20	617,00	642,00	668,00	694,20	717,50	740,90	769,40	793,50
800	510,10	533,70	557,30	582,20	607,00	632,80	658,80	685,90	713,10	737,40	761,80	791,70	816,70
850	521,50	546,20	570,60	596,50	622,40	649,20	676,20	704,30	732,50	757,90	783,40	814,40	840,30
900	533,10	558,50	584,00	610,90	637,80	665,70	693,60	722,70	751,90	778,40	804,70	837,10	864,00
950	544,00	570,40	596,80	624,60	652,70	681,60	710,50	740,70	770,90	798,30	825,70	859,20	887,30
1000	554,80	582,20	609,60	638,50	667,50	697,40	727,40	758,50	789,80	818,30	846,70	881,40	910,50
1050	565,70	594,10	622,40	652,40	682,40	713,40	744,20	776,60	808,80	838,30	867,70	903,50	933,70
1100	576,70	606,00	635,30	666,30	697,20	729,20	761,10	794,50	827,80	858,30	888,70	925,80	956,90
1150	587,80	618,00	648,30	680,30	712,30	745,20	778,30	812,50	846,90	878,30	909,80	948,20	980,20
1200	598,80	630,00	661,30	694,30	727,20	761,40	795,30	830,70	866,00	898,50	931,00	970,40	1003,60
1250	609,70	641,90	674,00	708,10	742,00	777,10	812,20	848,50	884,80	918,40	951,90	992,70	1026,70
1300	620,70	653,70	686,90	721,90	756,90	793,10	829,10	866,60	903,80	938,40	972,90	1014,80	1050,00
1350	636,90	670,60	704,60	741,20	778,10	815,20	852,60	891,20	929,80	965,60	1001,30	1037,20	1073,30
1400	648,10	683,30	718,60	755,80	793,10	831,40	869,80	909,50	949,10	985,80	1022,60	1059,50	1096,60
1450	659,30	695,50	731,70	770,10	808,30	847,60	886,80	927,60	968,40	1006,10	1043,90	1081,80	1119,90
1500	670,50	707,70	744,90	784,10	823,40	863,70	904,10	945,80	987,60	1026,50	1065,10	1104,10	1143,20

Atención: Compuerta cortafuego con cumplimiento del DB SI Seguridad en caso de incendio (nuevo CTE)

**Series FKA-3.5 · Accesorios · Recambios**

Código	Accesorios	Suplementos
Z01	Placa con fusible bimetalico y final de carrera Indicación Compuerta Cerrada	42,40
Z02	Placa con fusible bimetalico y final de carrera Indicación Compuerta Abierta	42,40
Z03	Placa con fusible bimetalico y finales de carrera para Indicación Compuerta Abierta / Cerrada	89,50
Z13	Placa con fusible bimetalico y electroiman c.c. 24V de disparo por impulso eléctrico.	219,20
Z14	Placa con fusible bimetalico, electroiman c.c. 24V (disparo por impulso eléctrico) y final de carrera. Indicación Compuerta Cerrada	261,60
Z17	Placa con fusible bimetalico y electroiman c.c. 24V de disparo por fallo de corriente.	140,80
Z18	Placa con fusible bimetalico, electroiman c.c. 24V (disparo por fallo de corriente) y final de carrera. Indicación Compuerta Cerrada.	183,20
Z80	Servomotor Belimo BF230-T (230 V c.a.) con dos finales de carrera para indicación Compuerta Abierta / Cerrada y fusible termoelectrico tarado a 72°.	550,40
Z81	Servomotor Belimo BF24-T (24 V c.a.) con dos finales de carrera para indicación Compuerta Abierta / Cerrada y fusible termoelectrico tarado a 72°.	508,10
Código	Recambios	
ZFB	Fusible bimetalico.	11,70

**Ejecución:**

Serie FKA 3.5: El 120 (ho i↔o)S ensayada según Norma UNE-EN 1366-2.  
 Homologada para el nuevo Código Técnico de la Edificación.

## Serie CVHT



Configuración  
descarga  
horizontal  
CVHT-H



Homologados  
según norma  
EN12101-3



Configuración  
descarga  
vertical  
CVHT-V



Cajas de ventilación para **trasegar aire a 400°C/2h**, fabricadas en **chapa de acero galvanizada**, ventilador centrífugo de álabes hacia adelante, accionado a transmisión por un motor incorporado en el interior, sistema de **tensor automático sin mantenimiento**, motor **IP55**.

### Motores

Pueden equipar motores de 0,25 a 18,5 kW  
Tensión de alimentación

Trifásicos 230/400V-50Hz hasta 4 kW

400/690V-50Hz, para potencias superiores

(Ver cuadro de características).

Monofásicos 230V-50Hz, para potencias hasta 2,2 kW, bajo demanda.

De 2 velocidades (4/8 polos), bajo demanda.

### Otros

Suministro standard:

Modelos horizontales: con transmisión a la derecha visto desde la boca de impulsión.

Transmisión a la izquierda (versión TI), bajo demanda.

Modelos verticales: con transmisión a la derecha visto desde la boca de aspiración.

Transmisión a la izquierda (versión TI), bajo demanda.

## APLICACIONES



Parkings



Cocinas



### Robustez



Acabados de calidad, **con cantoneras de aluminio**, que proporcionan **gran robustez**

### Tensor de correa sin mantenimiento



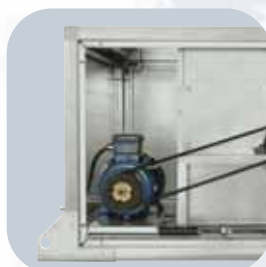
El sistema de **tensor automático exclusivo de S&P** es el único que **garantiza una tensión uniforme** de la correa sin necesidad de mantenimiento

### Fácil montaje



Los anclajes de los pies facilitan su montaje en el suelo o suspendida

### Compacidad



La ubicación del **motor en el interior** de la caja le proporciona menor tamaño y gran compacidad



## Características técnicas

Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compatibles con las de la instalación.

Modelo	Potencia motor		Revoluciones ventilador		Caudales a revolución		Peso con motor mayor (kg)
	Mínima (kW)	Máxima (kW)	Mínima (r.p.m.)	Máxima (r.p.m.)	Mínima (m³/h)	Máxima (m³/h)	
CVHT-9/9	0,25	1,1	800	1700	700	4400	60
CVHT-10/10	0,25	2,2	700	1700	1100	6300	70
CVHT-12/12	0,37	3,0	600	1500	1300	9300	85
CVHT-15/15	0,75	4,0	600	1200	3000	12000	121
CVHT-18/18	0,75	7,5	400	950	2500	21200	160
CVHT-20/20	2,2	7,5	500	1000	4500	24400	250
CVHT-22/22	2,2	15,0	400	850	5000	36000	320
CVHT-25/25	2,2	15,0	350	750	5000	42000	330
CVHT-30/28	2,2	18,5	300	600	12000	57000	648

## Características acústicas

**Espectros de presión sonora:** Para obtener el espectro de presión (dB(A)) por banda de frecuencia, restar del nivel de presión sonora dado en las curvas características los valores de las tablas siguientes:

Modelo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
CVHT-9/9	17	15	11	12	4	4,5	14	19	27
CVHT-10/10	17	15	11	11	4	4,5	14	20	27
CVHT-12/12	16	14	11	10	4,4	4,5	15	21	27
CVHT-15/15	13	13	10	10	4,6	5	15	22	27
CVHT-18/18	11	12	9	9	5	6	15	22	27
CVHT-20/20	10	11	8	8	5,7	7	16	23	27
CVHT-22/22	9	11	7	8	6,3	7,5	17	24	27
CVHT-25/25	9	11	7	8	6,3	7,5	17	25	27
CVHT-30/28	9	11	7	8	6,3	7,5	18	25	27

## Relación de potencias de motores (kW) para la Serie CVHT

1 VELOCIDAD	4 POLOS	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5
2 VELOCIDADES	4/8 POLOS	0,25/0,06	0,37/0,07	0,55/0,09	0,75/0,12	1,1/0,18	1,5/0,25	2,2/0,37	3/0,55	4/0,75	5,5/1,1	7,5/1,1	11/2,8	15/3,8	18,5/4,8

NOTA: Las potencias pueden tener ligeras variaciones según el fabricante de motores.

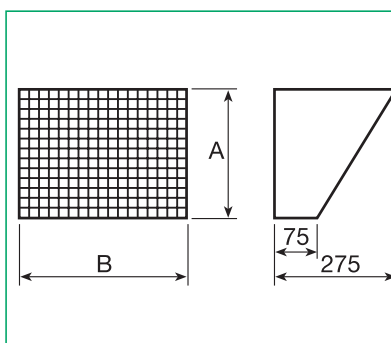
## Accesorios



### CVD

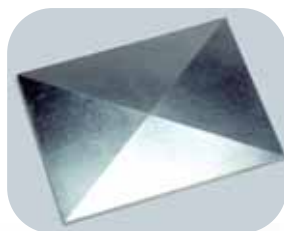
#### Visera descarga

Viseras con malla para montar a la descarga de las cajas.



Modelo caja	Boca descarga		
	Modelo visera	A	B
CVHT-9/9	CVD-9	263	303
CVHT-10/10	CVD-10	292	336
CVHT-12/12	CVD-12	344	399
CVHT-15/15	CVD-15	406	476
CVHT-18/18	CVD-18	482	559
CVHT-20/20	CVD-20	633	633
CVHT-22/22	CVD-22	698	703
CVHT-25/25	CVD-25	799	803
CVHT-30/28	CVD-30	873	948

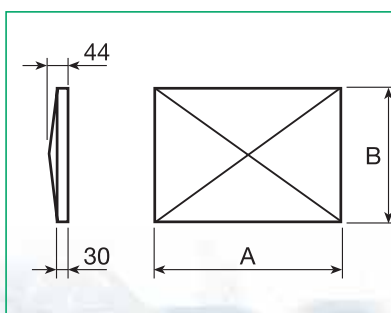
Dimensiones mm.



### CHTI

#### Tapa intemperie para modelos de descarga horizontal

Tejadillo de protección para instalaciones en el exterior.



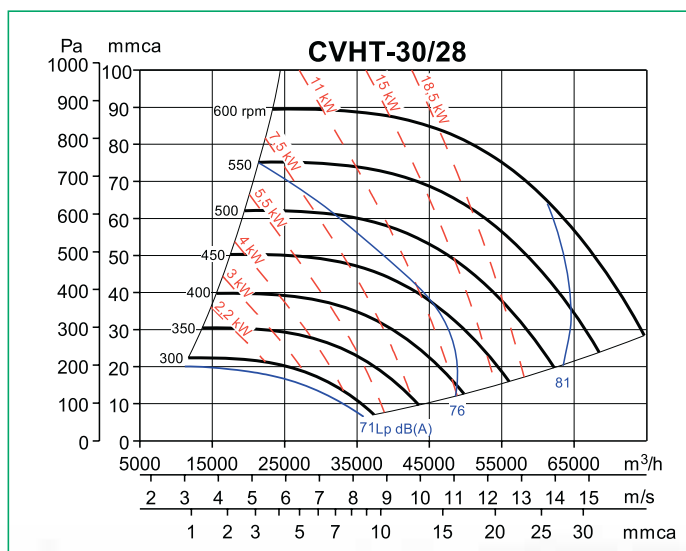
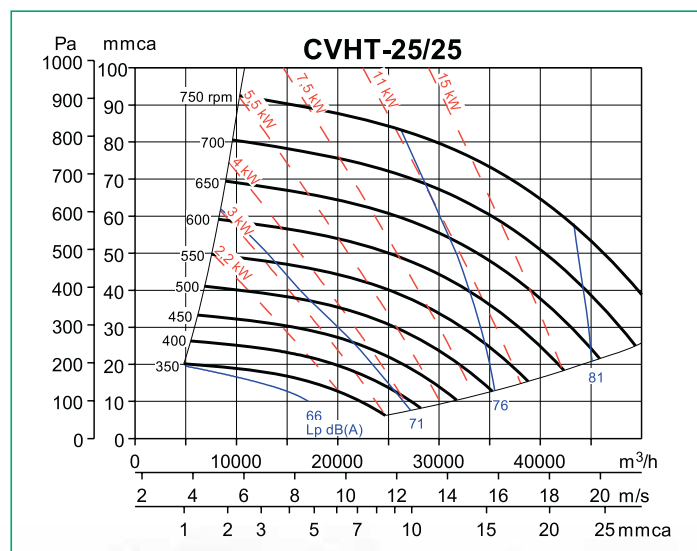
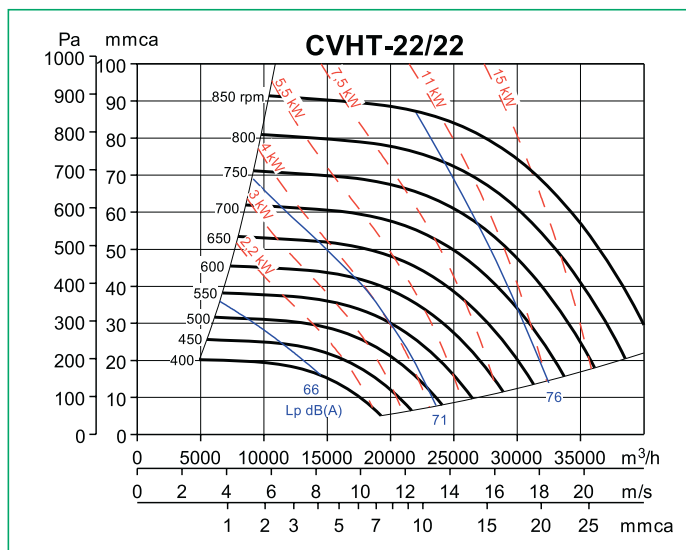
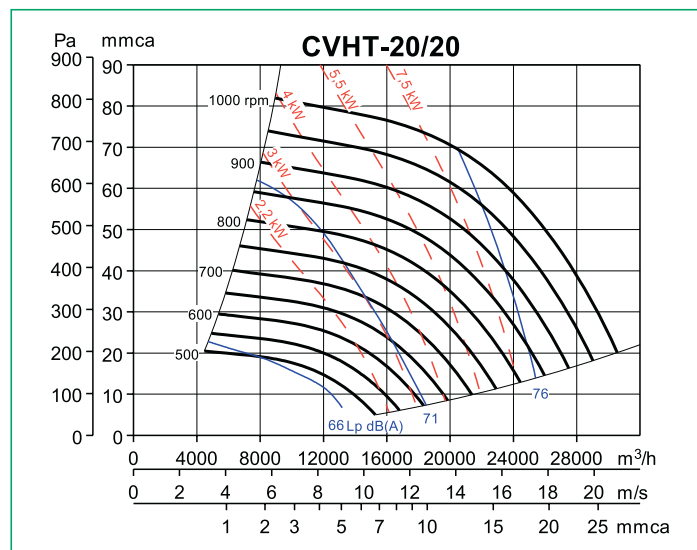
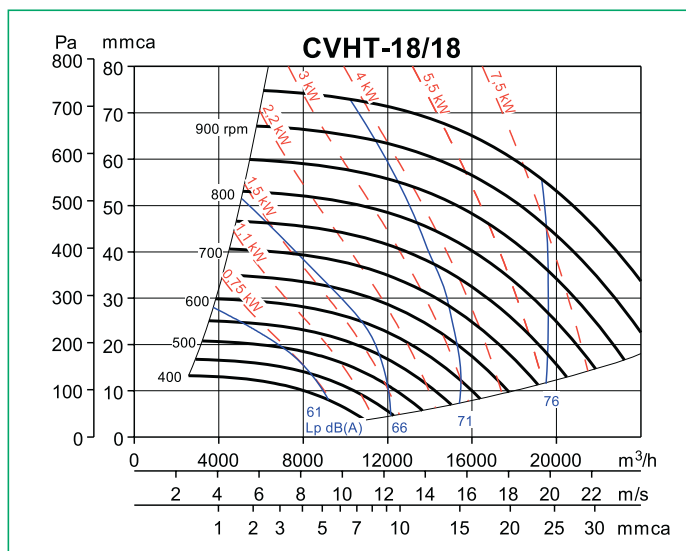
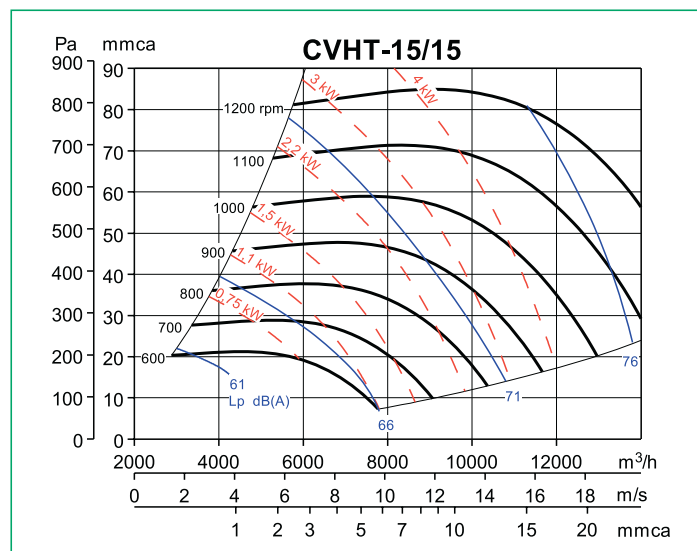
Modelo caja	Modelo tapa	A	B
CVHT-H-9/9	CHTI-9/9	787	763
CVHT-H-10/10	CHTI-10/10	841	825
CVHT-H-12/12	CHTI-12/12	963	949
CVHT-H-15/15	CHTI-15/15	1096	1108
CVHT-H-18/18	CHTI-18/18	1284	1254
CVHT-H-20/20	CHTI-20/20	1499.5	1418.5
CVHT-H-22/22	CHTI-22/22	1642.5	1546.5
CVHT-H-25/25	CHTI-25/25	1804.5	1701.5
CVHT-H-30/28	CHTI-30/28	2009.5	1918.5

Dimensiones mm.

## Curvas características

- Q = Caudal en m<sup>3</sup>/h y m<sup>3</sup>/s.
- Pe = Presión estática en mm.c.d.a y Pa.
- Aire seco normal a 20 °C y 760 mm c.d. Hg.

– Ensayos realizados de acuerdo a Normas UNE 100-212-89 BS 848, Part 1;  
AMCA 210-85 y ASHRAE 51-1985.



Nivel de presión sonora (Lp dB(A)) medido a la aspiración a 1,5 m de distancia.